



# Naturnahe Revitalisierung von Bergbaufolgelandschaften in Böhmen/Tschechien

"Utilisation of near-natural re-vegetation methods in restoration of surface-mined land"

**Laufzeit 02.02.2009 – 31.05.2012**

**Projektnummer 26858-33/2**

## Abschlussbericht 2012

Sabine Tischew, Annett Baasch, Anita Kirmer (Hochschule Anhalt)

Karel Prach, Klára Řehouňková (University of South Bohemia)





**Projektkennblatt**

der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>26858</b>	Referat	<b>33/2</b>	Fördersumme	<b>105.702 Euro</b>
----	--------------	---------	-------------	-------------	---------------------

**Antragstitel**      **Utilisation of near-natural re-vegetation methods in restoration of surface-mined land - principles and practices of ecological restoration (Naturnahe Revitalisierung von Bergbaufolgelandschaften)**

**Stichworte**      - Bergbaufolgelandschaften, naturnahe Begrünungsmethoden, Rekultivierung,  
- primäre Sukzession, Biodiversität

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>36 Monate</b>	<b>02.02.2009</b>	<b>31.05.2012</b>	<b>1</b>

Zwischenberichte      2 (12/2009, 12/2010)

<b>Bewilligungsempfänger</b>	Hochschule Anhalt (FH) Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung (Professur für Vegetationskunde und Landschaftsökologie) Strenzfelder Allee 28 06406 Bernburg	Tel	03471-355 1217
		Fax	03471-355 1235
		Projektleitung Prof. Dr. habil. S. Tischew	
		Bearbeiter Fr. Dipl.-Ing. (FH) A. Baasch	

**Kooperationspartner**      University of South Bohemia in České Budějovice  
Faculty of Science  
Department of Botany, working group on restoration ecology  
Project leader Czech Republic: Prof. Dr. Karel Prach  
Branisovska 31  
370 05 České Budějovice  
Czech Republic

**Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens**

The aim of this project is to find and formulate common colonisation and succession mechanisms occurring in the context of regeneration of European surface-mining areas and to develop general strategies for near-natural acceleration of vegetation development. Therefore, old and new demonstration trials with practical relevance for both spontaneous succession and assisted site recovery will be utilised or implemented in co-operation with mining companies in both countries. In addition, existing data bases will be used to synthesise available results and knowledge about spontaneous and assisted site recovery in mined sites to produce concise guidelines for successful ecological restoration being applicable over the European coal-mining and sand-gravel extraction districts.

**Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

- (1) Analysis of basic principles: Comparative analysis of successional seres in German and Czech mined sites
- (2) Demonstration trials: Establishment, maintenance, monitoring and evaluation of demonstration trials in Germany and the Czech Republic (spontaneous succession, assisted site recovery)
- (3) Compilation of guidelines for best practise methods in ecological restoration of mined sites in English and Czech language
- (4) Publication of results in scientific and popular scientific journals
- (5) Planning and realisation of a workshop in Germany for exchange and comparison in field experiences and practical knowledge
- (6) Planning and realisation of a workshop in the Czech Republic for scientists, practitioners and planners (e. g. representatives of mining companies and public authorities, politicians) with field trips to demonstration trials and presentation of the handbooks
- (7) Establishment of a basis for an European-wide network by utilisation and extension of existing networks for ecological restoration (e. g. Society of Ecological Restoration).



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Projektkennblatt</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>Einleitung und Hintergrund des Projektes</b>	<b>7</b>
<b>Arbeitspaket 1 – Grundlagenanalyse</b>	<b>8</b>
Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands	8
Bergbaufolgelandschaft Tschechische Republik	10
Vergleichende Auswertungen mitteleuropäischer Abbaugebiete	11
<b>Arbeitspaket 2 –Tschechische Republik</b>	<b>13</b>
<b>Überblick über Lage, Standortcharakteristika und Versuchsdesign der Demonstrationsflächen</b>	<b>13</b>
<b>Aktivitäten im Projektzeitraum</b>	<b>14</b>
<b>Ausgewählte Ergebnisse</b>	<b>14</b>
Gelenkte Sukzession: Sandgrube bei Suchdol nad Lužnicí ("Klára's Insel")	14
Spontane Sukzession: Třeboňsko Region	17
Spontane Sukzession: Most region	18
Spontane Sukzession: Nakolice	20
Bergbaufolgelandschaft Tschechische Republik (allgemein)	21
<b>Arbeitspaket 2 –Deutschland</b>	<b>22</b>
<b>Überblick über Lage, Standortcharakteristika und Versuchsdesign der Demonstrationsflächen</b>	<b>22</b>
<b>Aktivitäten im Projektzeitraum</b>	<b>23</b>
<b>Ausgewählte Ergebnisse</b>	<b>23</b>
Gelenkte Sukzession: Tagebau Roßbach	23
Gelenkte Sukzession: Tagebau Profen	26
Spontansukzession: Tagebau Goitzsche, Sandtrockenrasen bei Petersroda	28
Spontansukzession: Tagebau Müheln, Innenkippe	29
Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschland (allgemein)	31
<b>Arbeitspaket 3 – Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>31</b>
<b>Wissenschaftliche Publikationen</b>	<b>31</b>
Projektjahr 2009	31
Projektjahr 2010	31
Projektjahr 2011/12	31
<b>Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>32</b>
Ergebnispräsentation auf Tagungen und Workshops	32
Projektjahr 2009	32
Projektjahr 2010	32
Projektjahr 2011/12	32
Organisation von Projekt-Workshops	33
Projektjahr 2009	33
Projektjahr 2010	33
Projektjahr 2011	33
<b>Fazit</b>	<b>33</b>
<b>Literatur</b>	<b>34</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Prozentuale Anteile der innerhalb einer Altersklasse vorkommenden Arten in der Bergbaufolgelandschaft Sachsen-Anhalts...	9
Tab. 1: Lage, Standortbedingungen und Versuchsdesign der Demonstrationsflächen in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft	13
Tab. 2: Aktivitäten auf den Demonstrationsflächen in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft im Projektzeitraum	14
Tab. 3: Artenpotenzial auf den Spenderflächen für Rechgut zum Entnahmezeitpunkt Ende September 2009	14
Tab. 4: Mittlere Artenzahlen (AZ), mittlere Deckungen (D) und Übertragungsraten (gesamt und Zielarten) auf den Rechgut-Empfängerflächen auf Klára's Insel im 1. und 2. Versuchsjahr (im 3. Jahr der Umsetzung)	15
Tab. 5: Zielarten aus den Spenderflächen und ihr Vorkommen auf den Empfängerflächen auf Klára's Insel im September 2010 und 2011	16
Tab. 6: Einschätzung der Landschaftsdiversität in drei unterschiedlich begrüntem Bereichen in der Sandgrube Nakolice: spontane Sukzession, spontane und gelenkte Sukzession, technische Rekultivierung	21
Tab. 7: Lage und standörtliche Charakterisierung der Versuchsstandorte für gelenkte und spontane Sukzession in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands	23
Tab. 8: Aktivitäten auf den Demonstrationsflächen im Projektzeitraum	23
Tab. 9: Standörtliche Parameter der Spenderfläche für Mahdgut und der Empfängerfläche im Tagebau Roßbach	24
Tab. 10: Vegetationskundliche Parameter (Artenzahl, Deckung, Übertragungsrate) im 1. und 11. Jahr nach der Umsetzung auf der Blockanlage im Tagebau Roßbach	24
Tab. 11: Standörtliche Parameter der Empfängerfläche im Tagebau Profen	27
Tab. 12: Vegetationskundliche Parameter (Artenzahl, Deckung, Übertragungsrate) im 1. und 11. Jahr nach der Umsetzung auf der Blockanlage im Tagebau Profen	27
Tab. 13: Flächenanteile von Vegetationseinheiten (%) auf dem Sandtrockenrasen bei Petersroda (Tagebau Goitzsche) im Untersuchungszeitraum 1995-2010 auf einer Gesamtfläche von 4,8 ha	29
Tab. 14: Prozentuale Anteil der bei der Biotopkartierung von 2002 und 2009 erfassten Hauptbiotoptypen	30

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Im gesamten Mitteldeutschen Braunkohlerevier sowie in den vier großen und vier kleinen Teilrevieren zwischen 1994 und 2002 registrierte höhere Pflanzenarten mit und ohne Schutzstatus	8
Abb. 1: Lage der Demonstrationsflächen für spontane Sukzession in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft	13
Abb. 2: Versuchsdesign, 5 Wiederholungen, 3 Varianten, Einzelflächen 5m x 5m	15
Abb. 3: Lage der Sandsteinbrüche in der Třeboňsko Region	17
Abb. 4: Artenzahlen in spontan entwickelten (blau) und technisch rekultivierten (orange) Flächen	17
Abb. 5: Karte der Radovesická Halde westlich von Bilina im Braunkohlerevier Most mit Untersuchungsflächen zur spontanen Wiederbesiedlung und zur land- und forstwirtschaftlichen Rekultivierung	18
Abb. 6: Mittlere Artenzahl pro 1 m <sup>2</sup> Dauerfläche, ohne angesäte und angepflanzte Arten (± S.E.)	19
Abb. 7: Mittlere Ähnlichkeit nach Czekanowského zweier hintereinander liegender Transektflächen, getrennt nach Begrünungsstrategien (mit allen Arten) (± S.E.)	19
Abb. 8: Lage der Sandgrube Nakolice	20
Abb. 9: Lage der Untersuchungsgebiete (rote Markierungen) im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier (Karte: LMBV)	22
Abb. 10: Mittlere kumulative Deckung und mittlere Artenzahl/25 m <sup>2</sup> auf der Blockanlage im Tagebau Rossbach im Beobachtungszeitraum 2000-2011; Angabe der Standardabweichungen für Gesamtdeckung und Gesamtartenzahl	25
Abb. 11: Lage der Untersuchungsfläche (schwarze Linie) in der Innenkippe Múcheln, Geiseltalrevier im Jahre 2009	30

## Fotoverzeichnis

Foto 1: Mosaik aus stark kohlehaltigem Rohboden, lückigen Land-Reitgrasbeständen und Birken-Vorwäldern im Tagebau Roßbach, Geiseltalrevier. Anita Kirmer, 06/2009	10
Foto 2: Mosaik aus Schilfröhricht, feuchten Gras- und Krautfluren, feuchten Birkenvorwäldern und offenen Wasserflächen im Tagebau Roßbach, Geiseltalrevier. Anita Kirmer, 04/2009	10
Foto 3: Blick auf die Versuchsflächen auf Klára's Insel während der Umsetzung. Anita Kirmer, 09/2009	15
Foto 4: Versuchsfläche auf Klára's Insel, ein Jahr nach Umsetzung. Klára Řehouňková, 09/2010	16
Foto 5: Erfolgreich etablierte Sand-trockenrasenarten auf der Versuchsfläche. Klára Řehouňková, 09/2010	16
Foto 6: Versuchsfläche auf Klára's Insel zwei Jahre nach Umsetzung. Klára Řehouňková, 09/2011	16
Foto 7: Technisch rekultivierte Fläche in der CEP II Sandgrube, im ersten Jahr. Jiří Řehounek, 2009	18
Foto 8: Spontan besiedelte Fläche in der CEP I Sandgrube, im achten Jahr. Jiří Řehounek, 2010	18
Foto 9: Beispiel für eine 55 Jahre alte Spontansukzessionsfläche. L. Málková, 2010	19
Foto 10: Beispiel für eine 35 Jahre alte Fläche mit landwirtschaftlicher Rekultivierung. L. Málková, 2010	19
Foto 11: Beispiel für eine 45 Jahre alte Fläche mit forstlicher Rekultivierung. L. Málková, 2010	20
Foto 12: Spontansukzession in der Nakolice Sandgrube, 30 Jahre alte Stadien. Klára Řehouňková, 2009	21
Foto 13: Mahdgut-Variante, Tagebau Roßbach. Anita Kirmer, 06/2010	26
Foto 14: Mulchdecksaat-Variante, Tagebau Roßbach. Anita Kirmer, 06/2010	26
Foto 15: Kontroll-Variante, Tagebau Roßbach. Anita Kirmer, 06/2010	26
Foto 16: Artenarme Ansaat mit Zuchtsorten im Tagebau Profen. Anita Kirmer, 08/2011	28
Foto 17: Artenreiche Ansaat mit regionalen Herkünften im Tagebau Profen. Anita Kirmer, 08/2011	28
Foto 18: Innenkippe Múcheln, Blick nach Süden: Rohboden, Pionierfluren, Röhrichte. Anita Kirmer, 06/2009	30
Foto 19: Innenkippe Múcheln, Blick nach Südwesten: Rohboden, Gras- und Krautfluren, Vorwälder. Anita Kirmer, 08/2011	30

## Zusammenfassung

Im Projektzeitraum wurden im Mitteldeutschen Braunkohlerevier (Geiseltal, Zeitz-Weißenfels-Hohenmölsener Revier) sowie in der Bergbaufolgelandschaft der Tschechischen Republik (Braunkohlerevier Most, Sandgruben in der Třeboňsko Region und bei Nakolice) langjährige Untersuchungen zur Spontansukzession fortgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch spontane Einwanderungsprozesse über längere Zeiträume strukturreiche Vegetationsmosaiken entwickeln können, wenn geeignete Diasporenquellen in der Umgebung vorhanden sind. Im Gegensatz zur konventionellen Begrünung mit Regelsaatgutmischungen sind die spontan entwickelten Vegetationstypen arten- und strukturreicher.

Die in deutschen Abbaugeländen gewonnenen Erfahrungen zur naturnahen Begrünung von Rohböden wurden in der Sandgrube bei Suchdol nad Lužnicí angewandt, wo im Spätsommer 2009 ein Versuch mit Rechgut aus zwei Sandtrockenrasengesellschaften angelegt wurde. Bis zum Projektende erfolgten einmal jährlich vegetationskundliche Erfassungen aller Kryptogamen und Höheren Pflanzen. In Deutschland wurden die im September 2000 (Tagebau Roßbach) bzw. Dezember 2004 (Tagebau Profen) umgesetzten Versuche zur naturnahen Begrünung ebenfalls einmal jährlich erfasst. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Einsaat von artenreichen Samenmischungen regionaler Herkünfte als auch die Übertragung von artenreichem Mahd- oder Rechgut zu einer beschleunigten Vegetationsentwicklung führen und die Einwanderung von Problemarten, wie z. B. *Calamagrostis epigejos* verhindern können.

## Einleitung und Hintergrund des Projektes

Menschliche Aktivitäten haben einen zunehmenden Einfluss auf das Landschaftsbild in Europa. In manchen Regionen wurde durch den Abbau von Bodenschätzen im Tagebauverfahren bis zu 30 % der Natur- und Kulturlandschaft zerstört. Die Ergebnisse zahlreicher Forschungsprojekte in Bergbaufolgelandschaften zeigen, dass durch den Tagebau stark heterogene, dynamische und nährstoffarme Standorte geschaffen werden, die in unserer stark genutzten und eutrophierten Kulturlandschaft einzigartig sind und Chancen für den Naturschutz und die Erhöhung der Biodiversität im Naturraum bieten. In nicht rekultivierten Bereichen sind durch spontane Sukzession struktur- und artenreiche Biotopmosaiken entstanden, die einen wertvollen Beitrag zum europäischen Natura-2000 Netzwerk leisten. Leider werden diese wertvollen Potenziale der Bergbaufolgelandschaften bisher nur unzureichend in die Sanierungsplanung integriert. Entwicklungsrichtung und -dauer von spontanen Sukzessionsprozessen in Bergbaufolgelandschaften wurden bisher nur in wenigen Regionen umfassend dokumentiert und auf europäischer Ebene wird ihre Bedeutung für die Sanierung dieser Gebiete bisher nicht erkannt.

Doch spontane Sukzession verläuft langsam und es kann abhängig von den Standortverhältnissen bis zu 25 Jahre dauern, bis sich eine flächige Vegetationsdecke eingestellt hat. Deshalb kann es aufgrund von Erosionsproblemen, öffentlicher Nachfrage nach Naherholungsgebieten und gesetzlichen Vorgaben notwendig sein, die Vegetationsentwicklung mit naturnahen Begrünungsmethoden (Einsaat von

artenreichen Samenmischungen regionaler Herkünfte, Übertragung von artenreichem Mahd- oder Rechgut) zu beschleunigen.

## Arbeitspaket 1 – Grundlagenanalyse

### Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands

In beiden Ländern erfolgte im Projektzeitraum eine umfassende Recherche und Aufbereitung bereits vorliegender Datensätze. Für die **Bergbaufolgelandschaften Mitteldeutschlands** wurden alle bisher vorliegenden Datenerhebungen in eine Vegetationsdatenbank integriert und teilweise aktualisiert. Die Datenbank enthält derzeit ca. 5000 Vegetationsaufnahmen (i. d. R. inkl. GPS-Koordinaten und Standortcharakteristika), welche in den letzten Jahrzehnten (1994-2011) im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte zusammengetragen wurden. Bestandteil der Vegetationsdatenbank sind auch alle Daten der im Rahmen dieses Projektes bearbeiteten Demonstrationsflächen für spontane und initiierte Vegetationsentwicklung in Bergbaufolgelandschaften (siehe Arbeitspaket 2). Ein Großteil der Metadaten zur „Post-mining vegetation database (Eastern Germany)“ wurden auf der Website Global Index of Vegetation-Plot Databases unter der ID EU-DE-023 veröffentlicht (Jünger et al, im Druck; www.gevd.info).

Die Auswertung von ca. 3300 Vegetationsaufnahmen zeigt ein beeindruckendes Artenpotenzial der Mitteldeutschen Bergbaufolgelandschaft mit einem hohen Anteil an gefährdeten und geschützten Arten (Abb. 1). Die Aufnahmen wurden zwischen 1994 und 2002 in spontan besiedelten Bereichen in der Mitteldeutschen Bergbaufolgelandschaft auf einer Flächengrößen zwischen 1 m<sup>2</sup> und 600 m<sup>2</sup> erstellt (Herbst & Mahn 1998, FBM 1999, FLB 2003, FWB 2004).

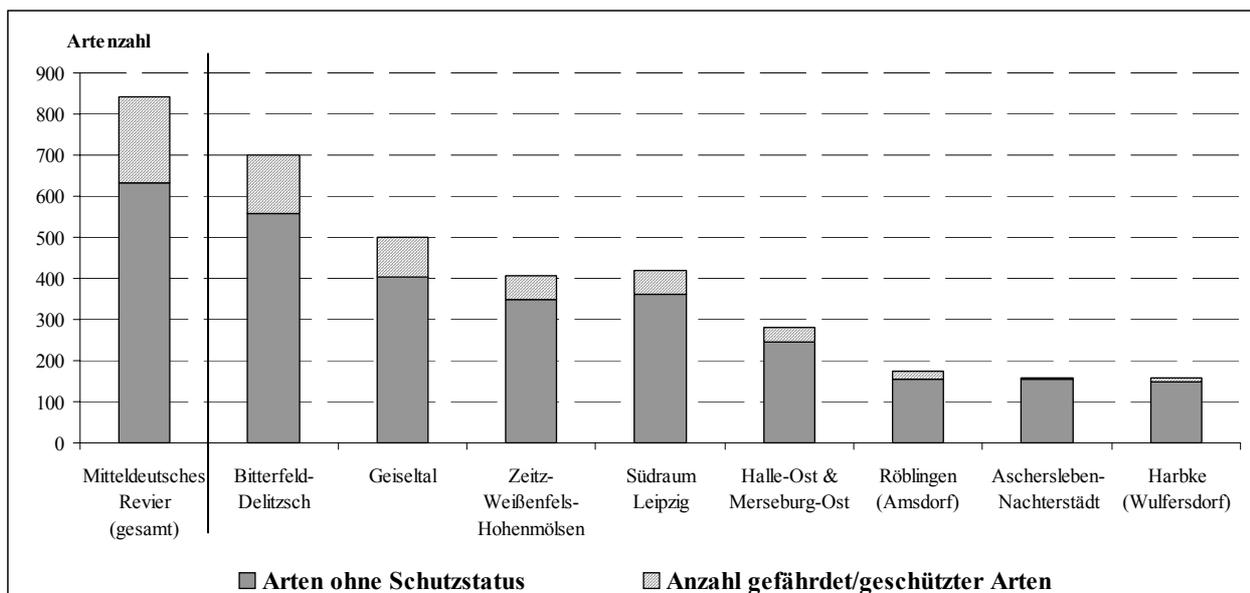


Abb. 1: Im gesamten Mitteldeutschen Braunkohlerevier sowie in den vier großen und vier kleinen Teilrevieren zwischen 1994 und 2002 registrierte höhere Pflanzenarten mit und ohne Schutzstatus.

In den Aufnahmen wurden 841 höhere Pflanzenarten nachgewiesen, davon haben 25 % einen Gefährdungsstatus nach der Roten Liste Sachsen-Anhalt (Frank et al. 2004), der Roten Liste Sachsens (Schulz 1999), der Roten Liste Deutschlands (Korneck et al. 1996) auf und/oder sind nach Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV 1999) geschützt (Abb. 1). Ein ähnliches Ergebnis ist aus der Bergbaufolgelandschaft Brandenburgs bekannt (Tischew et al. 2009). Insgesamt traten in den untersuchten mitteldeutschen Tagebauen 210 gefährdete und geschützte Pflanzenarten auf. Die meisten konnten im Bitterfeld-Delitzscher Revier nachgewiesen werden. Nur zwei Arten wurden in allen acht mitteldeutschen Tagebaugebieten nachgewiesen: das Wiesen-Labkraut (*Galium album*, RL SN 3) und das Florentiner Habichtskraut (*Pilosella piloselloides*, RL SN 3).

Für eine floristisch-vegetationskundliche Auswertung wurden aus dem Gesamtdatensatz ca. 1500 Flächen ausgewählt, für welche eine Altersangabe vorliegt und die sich über spontane Sukzession besiedelt haben. Die in diesen Aufnahmen vorhandenen Arten wurden nach der Datenbank von Frank et al. (1990) in folgende Artengruppen eingeteilt: (1) Süßwasser- und Moorvegetation, (2) Salzwasser- und Meeresstrandvegetation, (3) Krautige Vegetation oft gestörter Plätze („Ruderalvegetation“), (4) Steinfluren und alpine Rasen, (5) Anthropo-zoogene Heiden und Wiesen: Nardo-Callunetea, Sedo-Sclerenthetea, Festuco-Brometea, Molinio-Arrhenatheretea, (6) Waldnahe Staudenfluren und Gebüsche, (7) Nadelwälder und verwandte Gesellschaften und (8) Laubwälder und verwandte Gesellschaften.

Tab. 1: Prozentuale Anteile der innerhalb einer Altersklasse vorkommenden Arten in der Bergbaufolgelandschaft Sachsen-Anhalts, eingeteilt in 10 soziologisch-ökologische Artengruppen nach Frank et al. (1990); n = Anzahl der in die Analyse einbezogenen Vegetationsaufnahmen.

Alters-klasse	n	Süßwasser + Moor	Salzwasser + Strand	Ruderal-vegetation	Steinfluren + alpine Rasen	Nardo-Callunetea	Sedo-Sclerenthetea	Festuco-Brometea	Molinio-Arrhenatheretea	Waldnahe Staudenfluren + Gebüsche	Nadelwälder	Laubwälder
Deckung, Anteile in %												
0-15	328	9,9	1,0	<b>31,0</b>	0,4	2,9	<b>8,0</b>	3,2	14,4	17,0	0,5	11,8
16-30	582	10,1	0,6	16,9	0,3	1,1	<b>16,7</b>	2,2	13,6	20,2	1,9	16,3
31-45	354	11,3	0,0	15,8	0,5	0,4	2,9	1,9	15,1	20,5	2,1	29,4
46-60	125	14,0	2,3	25,0	0,2	0,4	0,9	2,2	16,2	12,6	2,6	23,6
>60	120	2,5	0,1	19,6	0,6	0,3	0,9	1,7	14,6	10,0	<b>2,9</b>	<b>46,8</b>
Artenzahl, Anteile in %												
0-15	328	3,4	1,8	<b>51,1</b>	0,9	1,0	<b>5,9</b>	4,9	15,3	8,4	0,8	6,5
16-30	582	3,9	0,8	33,4	1,1	1,6	<b>9,9</b>	5,4	18,8	11,0	1,5	12,6
31-45	354	6,7	0,3	32,7	1,2	0,8	3,4	5,1	19,5	10,0	2,3	18,1
46-60	125	5,6	0,6	29,8	0,9	1,1	2,2	3,8	21,0	10,4	3,1	21,6
>60	120	2,2	0,2	24,7	1,0	0,8	1,1	3,3	18,4	9,6	<b>3,7</b>	<b>35,0</b>

Während einige Artengruppen in der Bergbaufolgelandschaft nur eine untergeordnete Rolle spielen (z. B. Salzwasser- und Meeresstrandvegetation, Steinfluren und alpine Rasen, Nadelwälder), haben andere Artengruppen Schwerpunkte in unterschiedlichen Altersstadien (Tab. 1). Auf den 0 bis 15 Jahre alten

Flächen dominieren in der Regel Arten der Ruderalgesellschaften mit einem Anteil von 30 % an der Gesamtdeckung und 50 % an der Artenzahl. Auf den über 60 Jahre alten Flächen reduziert sich der Deckungsanteil der Ruderalarten auf 20 % und auch ihr Anteil an der Artenzahl geht auf 25 % zurück. Dafür kommt es zu einer allmählichen Akkumulation von Arten der Laubwälder; besonders in der Alterklasse über 60 Jahre. In den frühen Altersstadien unter 30 Jahren haben die Arten der Sandtrockenrasen (Sedo-Sclerentetea) ihren Schwerpunkt. Im weiteren Sukzessionsverlauf sind sowohl Deckungen als auch Artenzahlen dieser Artengruppe rückläufig. Auf den über 60 Jahre alten Flächen ist diese Artengruppe dann nur noch auf besonders extremen Standorten (sauer, trocken, nährstoffarm) zu finden („Dauerpionierstadien“ – Tischew et al. 2004). Grünlandarten feuchter bis mittlerer Standorte (Molinio-Arrhenatheretea) kommen dagegen in allen Altersklassen in ähnlichen Anteilen vor. Mit zunehmendem Alter und oft auch durch die Wiederherstellung der ursprünglichen Grundwasserstände verlieren viele Extremstandorte allmählich ihren besiedlungsfeindlichen Charakter. Dies führt zur Entwicklung von Biotopmosaiken aus Rohbodenflächen, Gras-/Krautfluren, Gebüschstadien und Pionierwäldern, die vielen Pflanzen-, aber auch vielen Tierarten einen Lebensraum bieten.



*Foto 1: Mosaik aus stark kohlehaltigem Rohboden, lückigen Land-Reitgrasbeständen und Birken-Vorwäldern im Tagebau Roßbach, Geiseltalrevier. Anita Kirmer, 06/2009*



*Foto 2: Mosaik aus Schilfröhricht, feuchten Gras- und Krautfluren, feuchten Birkenvorwäldern und offenen Wasserflächen im Tagebau Roßbach, Geiseltalrevier. Anita Kirmer, 04/2009*

## Bergbaufolgelandschaft Tschechische Republik

Die **Datenbank der tschechischen Bergbaufolgelandschaften** umfasst ca. 1900 Vegetationsausnahmen mit ca. 1400 Pflanzenarten, die zwischen 1995 und 2011 erhoben wurden. Auch hier wurden alle im Rahmen des Projektes erhobenen Daten integriert. Die Aufnahmen entstanden in Sand- und Kiesgruben in der ganzen tschechischen Republik, in Torfabbaugebieten (v. a. in Süd- und Westböhmen), auf Bergbauhalden (Nordböhmen) und in Kalk- und Quarzsteinbrüchen (Zentral- und Ostböhmen). Eine Veröffentlichung der Datenbank ist geplant.

Ein Vergleich spontan besiedelter Kippenflächen im Revier Most mit technisch rekultivierten Flächen zeigt, dass auf rekultivierten Flächen in allen Altersklassen signifikant weniger Arten vorkommen (Abb. 2).

Während auf spontan besiedelten Flächen die Artenzahl zunimmt, ist sie auf rekultivierten Flächen rückläufig. Auf den Spontansukzessionsflächen konnten 30 überwiegend typische Magerrasenarten nachgewiesen werden, die in der unmittelbaren Umgebung der Bergbauflächen in natürlichen Beständen vorkommen. Auf den rekultivierten Flächen konnten dagegen nur neun vorwiegend ruderale Arten einwandern, die nicht in den Spontansukzessionsflächen auftreten. Rekultivierungsmaßnahmen werden in der Regel nach 5-8 Jahren durchgeführt, wenn sich das geschüttete Substrat stabilisiert hat (Štýs 1981). Im Zuge der Rekultivierung werden die Flächen homogenisiert, d.h. eine glatte Oberfläche geschaffen, bevor eine Aufforstung stattfindet. Durch die Umgestaltung werden vorhandene Rhizome des klonal wachsenden Landreitgrases (*Calamagrostis epigejos*) verteilt, was dazu führt, dass sich die Art massiv ausbreitet. Auf Spontansukzessionsflächen kommt das Landreitgras ebenfalls vor, aber seine Ausbreitung wird durch die anderen sich entwickelnden, ausdauernden Arten gehemmt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch spontane Sukzession arten- und struktureichere Vegetationsbestände entwickeln können als durch technische Rekultivierung.

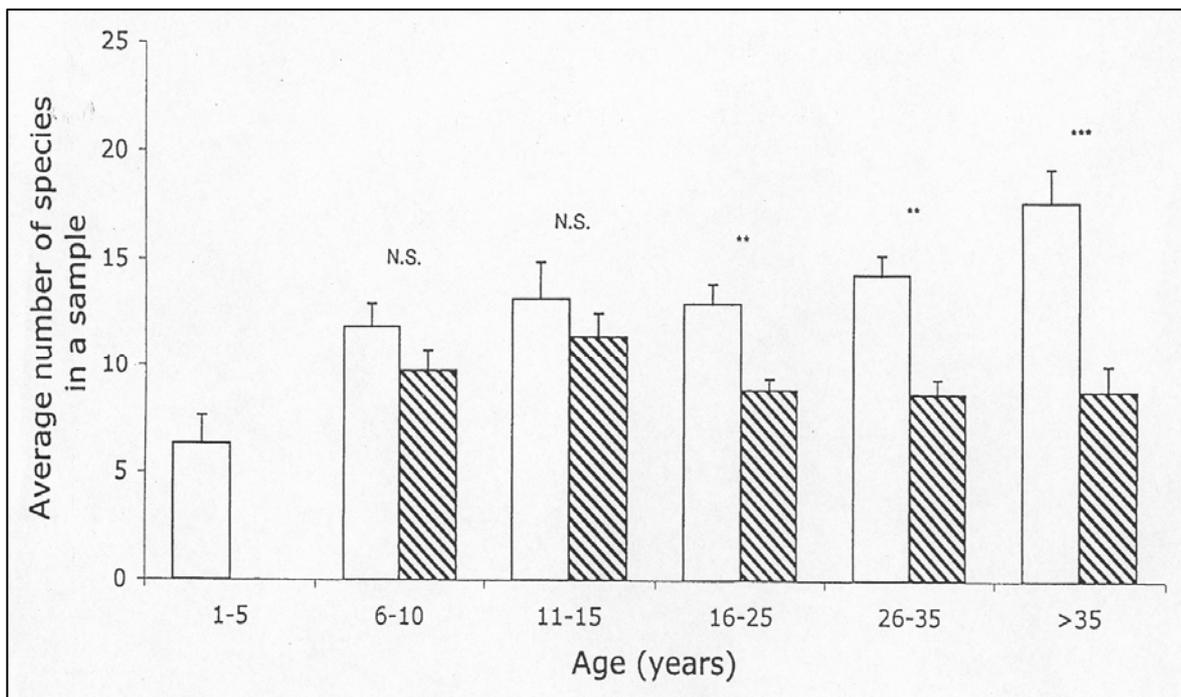


Abb. 2: Mittlere Artenzahlen auf 5m x 5m großen Aufnahme­flächen in sechs Altersklassen in spontanen und technisch rekultivierten (schraffiert) Bergbauhalden. Gepflanzte Arten wurden nicht in die Auswertung einbezogen. Signifikante Unterschiede (T-Test) werden aufgeführt (N.S. = nicht signifikant). Da Halden erst ca. 8 Jahre nach ihrer Entstehung rekultiviert werden, weist die erste Altersklasse nur spontan besiedelte Flächen auf (vgl. auch Hodačová & Prach 2002).

### Vergleichende Auswertungen mitteleuropäischer Abbaugebiete

Die nachfolgende Korrespondenzanalyse (DCA) basiert auf den presence/absence Daten von Pflanzenarten der Krautschicht, die in 0-10 Jahre alten, über spontane Sukzession entwickelten Stadien mit ähnlicher Flächengröße erfasst wurden (Abb. 3). Arten mit sehr geringer Deckung wurden ausgeschlossen („downweighting of rare species“). In die Auswertung wurden sechs mitteleuropäische Bergbauregionen

einbezogen: Most (Tschechische Republik), Sokolov (Tschechische Republik), Visonta (Ungarn, Daten: Sandor Bartha, unveröff.), Ruhr (Deutschland, Daten: Wolf 1985), Halle (Deutschland, Daten: Sabine Tischew), Cottbus (Deutschland, Daten: Wiegleb & Felinks 2001).

Insgesamt gingen 133 Pflanzenarten in die Analysen ein, von denen 73 nur in einer Region vorkamen. 15 Pflanzenarten traten in vier bis sechs der untersuchten Regionen auf und nur vier Pflanzenarten kamen in großer Abundanz in allen Untersuchungsgebieten vor. Diese Vier gehören zu den am weitesten verbreiteten Ruderalarten Mitteleuropas: *Agropyron repens*, *Artemisia vulgaris*, *Calamagrostis epigeios* und *Cirsium arvense*.

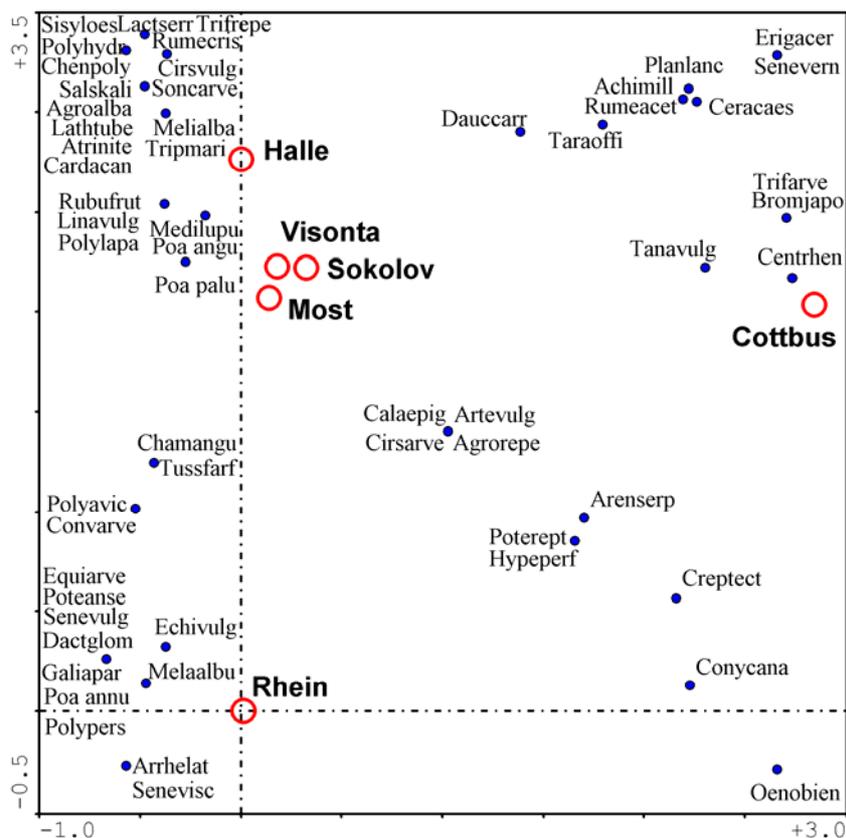


Abb. 3: 'Detrended' Korrespondenz-Analyse (DCA) spontan entwickelter, 0-10 Jahre alter Bergbauflächen (presence/absence der Krautschichtarten; downweighting of rare species) in sechs mitteleuropäischen Bergbaurevieren. Details siehe Text.

Die beiden tschechischen Bergbaureviere Most und Sokolov sowie die angrenzenden Reviere in Ungarn (Visonta) und Mitteldeutschland (Halle) zeigen eine hohe Ähnlichkeit (Abb. 3). Alle vier Reviere sind durch das Vorhandensein besiedlungsfähiger, nährstoffarmer und sehr heterogener Substrate gekennzeichnet. Saure, besiedlungsfeindliche Substrate kommen dort nur kleinflächig vor. Im Rheinischen Revier (Ruhr) sowie in der Niederlausitz (Cottbus) treten dagegen aufgrund der dort vorherrschenden Substratbedingungen (stark saure, sandige Standorte in der Niederlausitz, nährstoffreichere Standorte im Rheinischen Revier) andere Artenkombinationen auf. Die Analysen zeigen, dass die Kombination von geographischer Distanz (unterschiedlicher Artenpool) und vorherrschender Substrate zu unterschiedlichen Entwicklungen führen.

## Arbeitspaket 2 –Tschechische Republik

### Überblick über Lage, Standortcharakteristika und Versuchsdesign der Demonstrationsflächen

Die tschechischen Demonstrationsflächen, die während der Projektlaufzeit bearbeitet wurden, sind in Abb. 4 und Tab. 2 dargestellt.

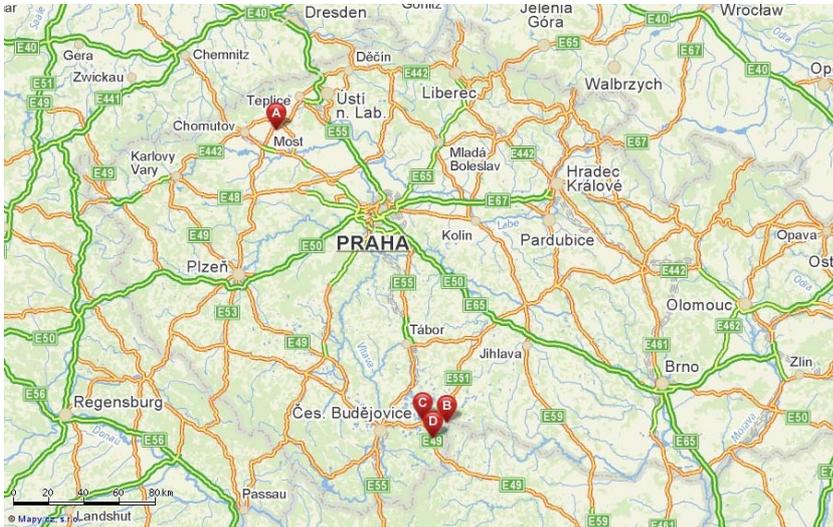


Abb. 4: Lage der Demonstrationsflächen für spontane Sukzession in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft

A: Most Region

B: Nakolice bei Nové Hradý

C: Třeboňsko Region

D: Suchdol nad Lužnicí

Tab. 2: Lage, Standortbedingungen und Versuchsdesign der Demonstrationsflächen in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft

	Gelenke Sukzession Sandgrube bei Suchdol nad Lužnicí ("Klara's Island")	Třeboňsko Region	Spontansukzession Most Region	Nakolice (nahe Nové Hradý)
Flächengröße	1,13 ha	700 km <sup>2</sup>	60 ha	50 ha
Lage	11° 54' 05,5" E 51° 14' 28,0" N	49°1'2.589"N, 14°47'55.244"E	13° 49' E 50° 32' N	11° 51' 34,9" E 51° 19' 10,7" N
Höhe ü. NN	450	450	310	490
Exposition	Süd	verschieden	verschieden	verschieden
Neigung	8 °	verschieden	verschieden	Verschieden
Herkunft des Substrates	Quartär	Quartär and Tertiär	Tertiär	Tertiär
Alter (Jahre seit Stilllegung)	6	2-35	5-55	5-50
Bodenfeuchte	Trocken	Trocken, nass	Trocken	Trocken, nass, flach überflutet
Mittlerer pH (KCl)	6,5	-	7,4	-
P-PO <sub>4</sub> (mg/kg)	14,3	-	6	-
Ca (mg /kg)	0,63	-	39	-
K (g/kg)	1	-	-	-
Mg (mg /kg)	1,1	-	13	-
N <sub>t</sub> (mg /kg)	103	-	0,2	-
C <sub>t</sub> (%)	6	-	2,4	-
Versuchsdesign	Blockanlage mit 5 Blöcken und 3 Varianten; Größe der Einzelflächen: 5m x 5m	5 m x 5 m Dauerflächen: 27 in spontan entwickelten und 16 in rekultivierten Bereichen	100 m Transekte: 2 in spontan entwickelten und 4 in rekultivierten Bereichen	Biotopkartierung auf der Gesamtfläche (50 ha)
Aufnahmemethode	Vegetationsaufnahmen	Vegetationsaufnahmen	Vegetationsaufnahmen	Biotopkartierung
Zeitraum	2009-2011	2010-2011	2009-2010	2002, 2009

## Aktivitäten im Projektzeitraum

Die im Projektzeitraum durchgeführten Aktivitäten auf den Demonstrationsflächen in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft sind in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 3: Aktivitäten auf den Demonstrationsflächen in der tschechischen Bergbaufolgelandschaft im Projektzeitraum

	Gelenke Sukzession	Spontane Sukzession		
	Sandgrube bei Suchdol nad Lužnicí ("Klára's Insel")	Třeboňsko Region	Most Region	Nakolice (nahe Nové Hradý)
2009	Einrichtung der Blockanlage Umsetzung des Versuches Vegetationsaufnahmen (15 Flächen à 25 m <sup>2</sup> )	Auswahl und Markierung der Flächen	Auswahl und Markierung der Transekte	Biotopkartierung (50 ha); Vergleich mit Erhebungen aus dem Jahr 2002
2010	Vegetationsaufnahmen (15 Flächen à 25 m <sup>2</sup> )	Vegetationsaufnahmen auf Spontansukzessionsflächen (5 m x 5 m) Datenanalysen und Veröffentlichung von Ergebnissen	Vegetationsaufnahmen (40 auf Spontansukzessionsflächen, 80 auf rekultivierten Flächen, je 1 m x 1 m)	Datenanalysen Präsentation von Ergebnissen auf Tagungen (Poster)
2011	Vegetationsaufnahmen (15 Flächen à 25 m <sup>2</sup> ) Management (Mähen und Entfernung von Gehölzen) Datenanalysen und Veröffentlichung erster Ergebnisse	Vegetationsaufnahmen auf rekultivierten Flächen (5 m x 5 m) Datenanalysen und Präsentation erster Ergebnisse auf Tagungen (Poster)	Datenanalysen Erarbeitung von Empfehlungen für die Renaturierungspraxis	

## Ausgewählte Ergebnisse

### Gelenkte Sukzession: Sandgrube bei Suchdol nad Lužnicí ("Klára's Insel")

Ziel des im September 2009 angelegten Versuches war es, die Etablierung typischer Sandtrockenrasen in Abbaugeländen naturnah zu beschleunigen. Aus zwei Spenderflächen wurde durch Ausrechen einer ca. 250 m<sup>2</sup> großen Fläche etwa 1000 l Rechgut (Samen, Pflanzenteile, Kryptogamen) gewonnen; Tab. 4 zeigt das Artenpotenzial auf den beiden Spenderflächen zum Zeitpunkt der Entnahme.

Tab. 4: Artenpotenzial auf den Spenderflächen für Rechgut zum Entnahmezeitpunkt Ende September 2009

	Gesamtartenzahl	Anzahl der Zielarten
Spenderfläche Sanddünen		
höhere Pflanzen	41	20
Kryptogamen	23	8
Spenderfläche Terrassen		
höhere Pflanzen	41	17
Kryptogamen	17	7

Empfängerfläche war eine Sandinsel („Klára's Insel“) innerhalb einer noch teilweise aktiven Sandgrube bei Suchdol nad Lužnicí (Českomoravský štěrk, Heidelberger Zement Gruppe). Der Übertragungsversuch wurde mit fünf Wiederholungen und drei Varianten (Kontrolle, zwei verschiedene Spenderflächen) angelegt (Abb. 5). Das Auftragsverhältnis von Spender- zu Empfängerfläche lag bei ca. 1:1.

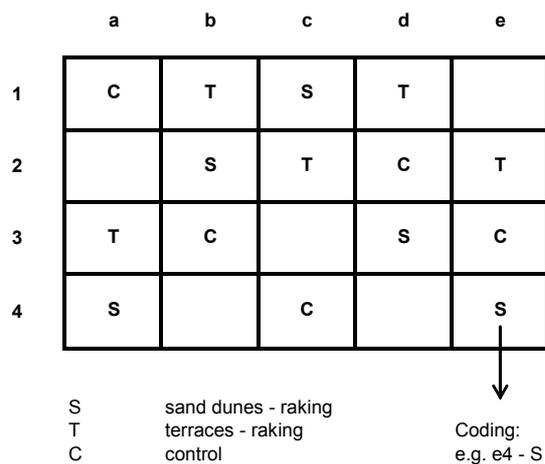


Foto 3: Blick auf die Versuchsflächen auf Klára's Insel während der Umsetzung. Anita Kirmer, 09/2009

Abb. 5: Versuchsdesign, 5 Wiederholungen, 3 Varianten, Einzelflächen 5m x 5m

Bisher konnten bei den höheren Pflanzen 55 % (Sanddünen) bzw. 65 % (Terrassen) der Zielarten auf die Empfängerfläche übertragen werden (Tab. 5). Bei den Kryptogamen lag die Übertragungsrate der Zielarten im 2. Untersuchungsjahr unter 20 % (Tab. 5).

Tab. 5: Mittlere Artenzahlen (AZ), mittlere Deckungen (D) und Übertragungsraten (gesamt und Zielarten) auf den Rechgut-Empfängerflächen auf Klára's Insel im 1. und 2. Versuchsjahr (im 3. Jahr der Umsetzung).

n= 5; 25 m <sup>2</sup>	Mittlere AZ gesamt	Mittlere AZ Zielarten	Mittlere D Krautschicht gesamt (%)	Mittlere D Zielarten (%)	Übertragungs- rate gesamt (%)	Übertragungsrate Zielarten (%)
<b>Im 1. Jahr (2010)</b>						
Rechgut Sanddünen						
höhere Pflanzen	24,4 (± 1,9)	8,8 (± 1,2)	5,5 (± 1,4)	2,2 (± 0,8)	42,5	55,0
Kryptogamen	1,6 (± 2,0)	0	9,4 (± 11,7)	0	25,0	0
Rechgut Terrassen						
höhere Pflanzen	27,7 (± 3,2)	8,4 (± 1,7)	9,7 (± 6,0)	2,4 (± 1,2)	61,5	70,5
Kryptogamen	3,4 (± 1,0)	1,0 (± 0,6)	47,6 (± 9,5)	0,1 (± 0,04)	35,7	28,6
Kontrolle						
höhere Pflanzen	9,0 (± 1,8)	0,6 (± 0,5)	2,1 (± 1,0)	0,2 (± 0,4)	-	-
Kryptogamen	0,2 (± 0,4)	0	0,2 (± 0,4)	0	-	-
<b>Im 2. Jahr (2011)</b>						
Rechgut Sanddünen						
höhere Pflanzen	20,8 (± 8,5)	8,0 (± 3,9)	9,6 (± 6,1)	6,5 (± 4,5)	45,0	55,0
Kryptogamen	2,8 (± 2,3)	0,2 (± 0,4)	15,7 (± 13,2)	0,02 (± 0,04)	43,8	12,5
Rechgut Terrassen						
höhere Pflanzen	26,8 (± 4,4)	8,4 (± 0,5)	37,7 (± 18,2)	3,6 (± 1,9)	64,1	64,7
Kryptogamen	2,8 (± 1,2)	0,6 (± 0,5)	56,7 (± 8,3)	0,2 (± 0,4)	28,6	14,3
Kontrolle						
höhere Pflanzen	10,6 (± 3,3)	1,0 (± 0,6)	2,4 (± 0,8)	0,1 (± 0,1)	-	-
Kryptogamen	0,6 (± 0,5)	0	0,04 (± 0,05)	0	-	-

Tab. 6 zeigt, welche Zielarten (höhere Pflanzen und Kryptogamen) sich bis September 2011 auf der Spenderfläche etablieren konnten. Weitere Informationen siehe Řehouňková & Řehounek (2011) sowie Řehouňková & Prach (2012). Im 3. Jahr der Umsetzung kann der Übertragungserfolg einer seltenen und gefährdeten Pflanzengesellschaft als sehr positiv bewertet werden.

Tab. 6: Zielarten aus den Spenderflächen und ihr Vorkommen auf den Empfängerflächen auf Klára's Insel im September 2010 und 2011

	Spenderfläche Sanddünen			Empfängerfläche		
	Sep 09	Sep 10	Sep 11	Spenderfläche Terrassen	Sep 10	Sep 11
<b>Höhere Pflanzen</b>						
<i>Corynephorus canescens</i>	x	x	x			
<i>Filago arvensis</i>	x	x	x			
<i>Hypochaeris radicata</i>	x	x	x		x	x
<i>Trifolium arvense</i>	x	x	x			
<i>Chondrilla juncea</i>	x					
<i>Leontodon hispidus</i>	x					
<i>Nardus stricta</i>	x					
<i>Veronica officinalis</i>	x					
<i>Agrostis capillaris</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Calluna vulgaris</i>	x		x	x		x
<i>Dianthus deltoides</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Festuca brevipila</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Festuca ovina</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Hieracium pilosella</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Jasione montana</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Pimpinella saxifraga</i>	x			x	x	x
<i>Teesdalia nudicaulis</i>	x	x		x	x	
<i>Thymus pulegioides</i>	x			x	x	
<i>Danthonia decumbens</i>	x			x		
<i>Potentilla argentea</i>	x			x		
<i>Euphrasia stricta</i>		x	x	x	x	x
<i>Leontodon autumnalis</i>				x	x	x
<i>Luzula campestris</i>		x	x	x	x	x
<i>Carex pilulifera</i>				x		
<i>Viola canina</i>				x		
<b>Kryptogamen</b>						
<i>Cetraria islandica</i>	x		x			
<i>Cladonia floerkeana</i>	x					
<i>Cladonia crispata</i>	x					
<i>Racomitrum canescens</i>	x					
<i>Cladonia uncialis</i>	x			x	x	
<i>Peltigera canina</i>	x			x		
<i>Cladonia fimbriata</i>	x			x		
<i>Cladonia rei</i>	x			x		
<i>Cladonia bacillaris</i>				x		
<i>Cladonia coniocraea</i>				x	x	
<i>Thuidium abietinum</i>				x		x



Foto 4: Versuchsfeld auf Klára's Insel, ein Jahr nach Umsetzung. Klára Řehouňková, 09/2010



Foto 5: Erfolgreich etablierte Sand-trockenrasenarten auf der Versuchsfeld. Klára Řehouňková, 09/2010



Foto 6: Versuchsfeld auf Klára's Insel zwei Jahre nach Umsetzung. Klára Řehouňková, 09/2011

## Spontane Sukzession: Třeboňsko Region

Die Untersuchungen fanden in insgesamt 10 Sandgruben in der Třeboňsko-Region statt; davon wurden fünf herkömmlich rekultiviert und fünf entwickelten sich über Spontansukzession. Die Sandgruben wurden so ausgewählt, dass sich jeweils eine rekultivierte und eine spontan besiedelte in unmittelbarer Nachbarschaft befinden.

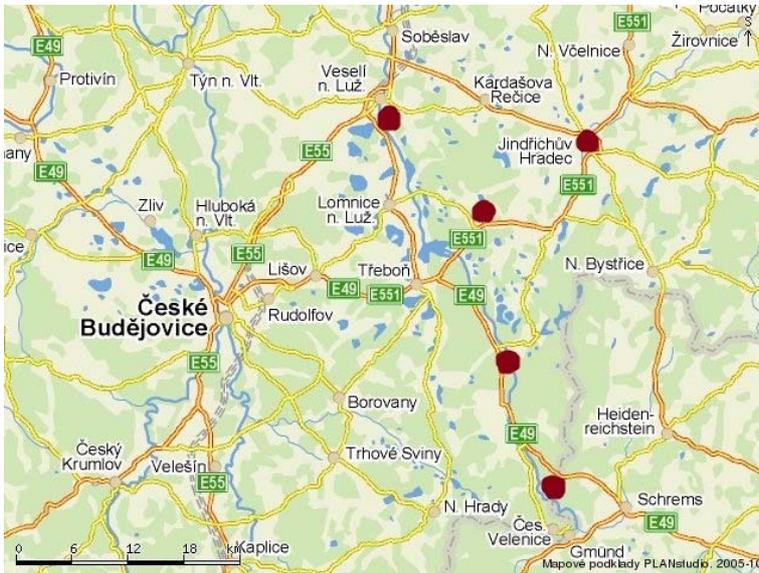


Abb. 6: Lage der Sandgruben in der Třeboňsko Region

Ergebnisse dieser Studie wurden in Prach et al. (2009), Řehouňková & Prach (2010), Řehounek et al. (2010) sowie Řehouňková et al. 2011 veröffentlicht. Im August 2011 wurden ausgewählte Ergebnisse bei der internationalen Tagung der Society for Ecological Restoration (SER) im Rahmen eines Posters (Schmidtmayerová 2011) vorgestellt.

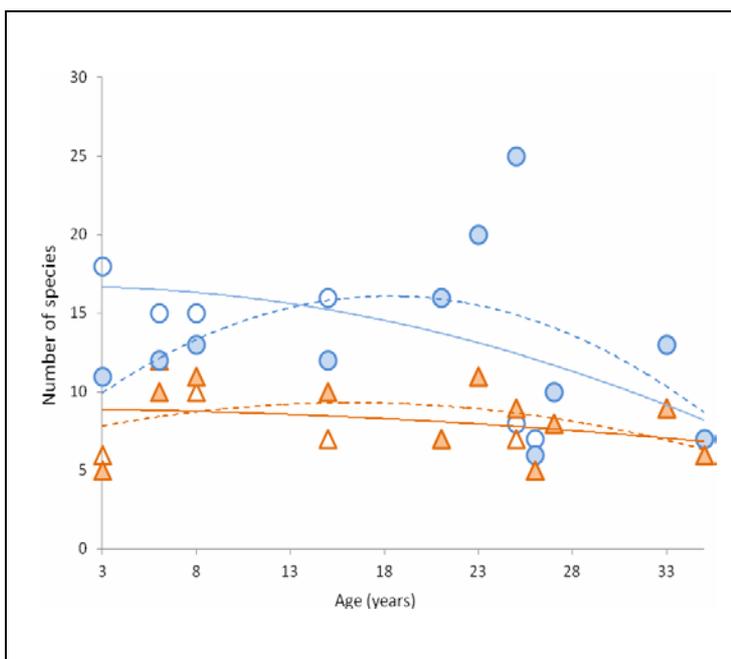


Abb. 7: Artenzahlen in spontan entwickelten (blau) und technisch rekultivierten (orange) Flächen. Dargestellt sind sowohl die Gesamtartenzahlen (ohne Füllung, durchgezogene Linie) und die Anzahl der Zielarten, z. B. für Grünland und Wälder (ausgefüllte Symbole, gestrichelte Linie). Die Linien zeigen den Entwicklungstrend seit Abbauende.

Spontan entwickelte Flächen zeigen eine höhere Variabilität im Vergleich zu technisch rekultivierten Flächen (Abb. 7). Nach Abbauende wird die Vegetationsentwicklung durch Rekultivierungsmaßnahmen beschleunigt, aber in späteren Sukzessionsstadien ähneln sich die spontan entwickelten und technisch rekultivierten Flächen sehr stark an, so dass eine technische Rekultivierung nicht notwendig erscheint. Generell geht die Anzahl der nicht heimischen Arten sowie die Gesamtartenzahl auf beiden Flächentypen im Entwicklungsverlauf zurück.



Foto 7: Technisch rekultivierte Fläche in der CEP II Sandgrube, im ersten Jahr. Jiří Řehounek, 2009



Foto 8: Spontan besiedelte Fläche in der CEP I Sandgrube, im achten Jahr. Jiří Řehounek, 2010

### Spontane Sukzession: Most region

Auf der Abraumhalde Radovesická im tschechischen Braunkohlerevier Most wurden in zweifacher Wiederholung auf 10-30 Jahre alten Spontansukzessionsflächen, 5-20 Jahre alten Aufforstungen sowie 10 Jahre alten, landwirtschaftlich rekultivierten Flächen Erfassungen zur Arten- und Strukturvielfalt auf jeweils 100 m langen Transekten durchgeführt (Abb. 8). Die Erhebungen erfolgten auf jeweils 20 1 m<sup>2</sup> großen Teilflächen.

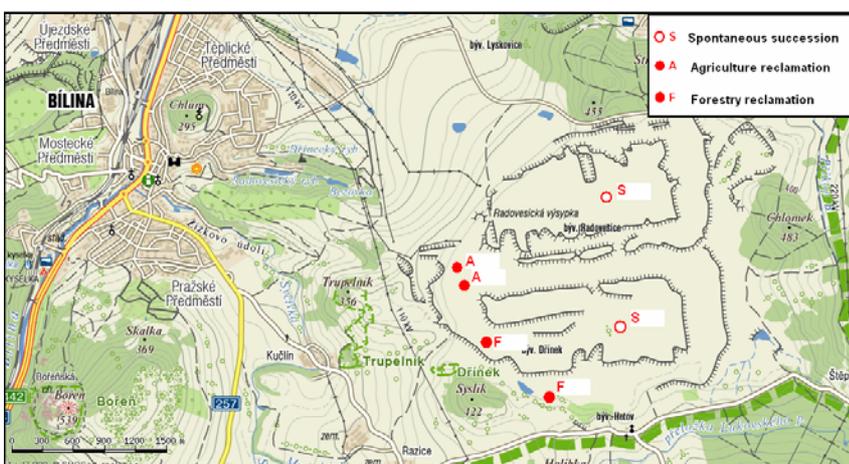


Abb. 8: Karte der Radovesická Halde westlich von Bilina im Braunkohlerevier Most mit Untersuchungsflächen zur spontanen Wiederbesiedlung und zur land- und forstwirtschaftlichen Rekultivierung.

Ein Vergleich der mittleren Artenzahlen pro 1 m<sup>2</sup>-Untersuchungsfläche ( $\alpha$ -Diversität, Abb. 9) und der mittleren Ähnlichkeit zwischen zwei hintereinander liegenden Transektflächen derselben Kategorie entlang

eines Transektes ( $\beta$ -Diversität, Abb. 10) zeigt, dass Spontansukzessionsfläche eine wesentlich höhere Artenzahl und eine geringere Ähnlichkeit untereinander aufweisen, als land- oder forstwirtschaftlich rekultivierte Flächen.

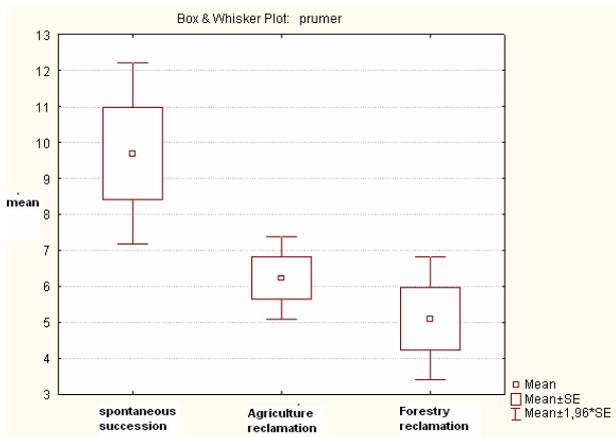


Abb. 9: Mittlere Artenzahl pro 1 m<sup>2</sup> Dauerfläche, ohne angesäte und angepflanzte Arten ( $\pm$  S.E.)

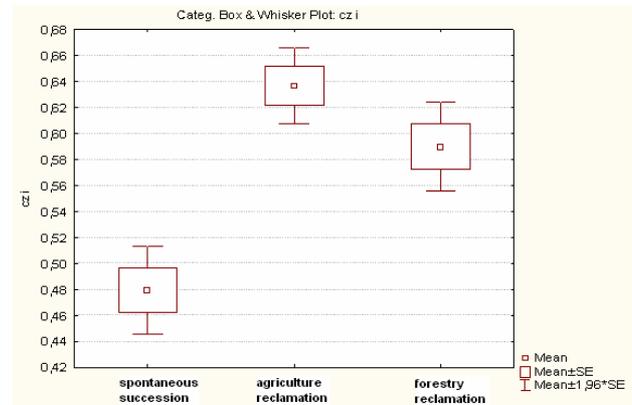


Abb. 10: Mittlere Ähnlichkeit nach Czekanowského zweier hintereinander liegender Transektflächen, getrennt nach Begrünungsstrategien (mit allen Arten) ( $\pm$  S.E.)

Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese, dass sich im Vergleich zu technischer Rekultivierung über spontane Sukzession eine wesentlich arten- und struktureichere Vegetation entwickeln kann. Spontansukzession wird deshalb als die ökologisch beste Begrünungsmethode für Abraumhalden empfohlen. Ausgewählte Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in Prach et al (2009), Prach et al. (2011), Řehounek et al. (2010) und Řehouňková et al. (2011) veröffentlicht.



Foto 9: Beispiel für eine 55 Jahre alte Spontansukzessionsfläche im Braunkohlrevier Most. L. Málková, 2010



Foto 10: Beispiel für eine 35 Jahre alte Fläche mit landwirtschaftlicher Rekultivierung im Braunkohlrevier Most. L. Málková, 2010



Foto 11: Beispiel für eine 45 Jahre alte Fläche mit forstlicher Rekultivierung im Braunkohlerevier Most. L. Málková, 2010

### Spontane Sukzession: Nakolice

In der Sandgrube Nakolice sowie im 100m-Umkreis des Umlandes wurde auf einer Fläche von 50 ha eine Biotoptypenkartierung durchgeführt und dabei 18 dominante Vegetationstypen erfasst (Abb. 11). Bei der Kartierung wurden drei Gebietskategorien unterschieden: spontan besiedelte Flächen, rekultivierte Flächen und Flächen mit einer Kombination von spontaner und gelenkter Sukzession. Dabei wurde Randlinienlänge zwischen den verschiedenen Vegetationstypen pro Gebietskategorie ermittelt. Die Hypothese war, dass ökologische Renaturierung im Vergleich zu traditionellen Rekultivierungsmethoden auf Landschaftsebene zu einer höheren Diversität führt.



Abb. 11: Lage der Sandgrube Nakolice

Die Strategie des geringsten Eingriffes ist besonders effektiv, wenn günstige Bedingungen vorliegen, v. a. wenn die Fläche von natürlicher oder halbnatürlicher Vegetation umgeben ist (Tab. 7). Vielfältige Diasporenquellen in der unmittelbaren Umgebung führen dazu, dass sich innerhalb von 25 Jahren ein vielgestaltiges Vegetationsmosaik entwickeln kann. Sind im Landschaftsraum Vergleichsflächen für den entsprechenden Abbautyp (z. B. Sandgrube) vorhanden und bekannt, ist eine genaue

Entwicklungsprognose möglich. Spontane Sukzession sollte in jedem Fall als kostengünstige und ökologisch sinnvolle Renaturierungsmethode in Betracht gezogen und in die Renaturierungsplanung integriert werden.

Tab. 7. Einschätzung der Landschaftsdiversität in drei unterschiedlich begrüneten Bereichen in der Sandgrube Nakolice: spontane Sukzession, spontane und gelenkte Sukzession, technische Rekultivierung. Die Randlängendichte (edge diversity index) wurde nach Harris et al. (1983) berechnet:  $D=T/2(\sqrt{A\pi})$ ,  $T$  = Gesamtgrenzlänge zwischen verschiedenen Vegetationstypen,  $A$  = Gesamtfläche des untersuchten Gebietes.

	Naturnahe Begrünung: Kombination von zwei Methoden	Naturnahe Begrünung	technische Rekultivierung
Begrünung	spontane und gelenkte Sukzession	spontane Sukzession	Aufforstung
Randlängendichte (Edge diversity index)	5.4	5.2	2.6
Landschaftsdiversität	hoch	hoch	niedrig



Foto 12: Spontansukzession in der Nakolice Sandgrube, 30 Jahre alte Stadien. Klára Řehounková, 2009

Ausgewählte Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in Řehounek et al. (2010), Prach & Walker (2011), Trnková et al. (2010), Prach et al. (2011), Konvalinková & Prach (2010), Novak & Prach (2010), Řehounková & Prach (2010) veröffentlicht. Im August 2010 wurden ausgewählte Ergebnisse bei der internationalen Tagung der Society for Ecological Restoration (SER) im Rahmen eines Posters (Zemanová et al. 2010) präsentiert.

#### Bergbaufolgelandschaft Tschechische Republik (allgemein)

Das Hauptergebnis des Projektes ist das Handbuch „Near-natural restoration vs. technical reclamation of mining sites in the Czech Republic“, das in tschechischer (Řehounek et al. 2010) und englischer (Řehounková et al. 2011) Sprache erschienen ist. Dieses Handbuch fasst den momentanen Wissenstand zusammen und legt dabei den Schwerpunkt auf die naturnahe Begrünung.

## Arbeitspaket 2 –Deutschland

### Überblick über Lage, Standortcharakteristika und Versuchsdesign der Demonstrationsflächen

Die im Projektzeitraum durchgeführten Aktivitäten auf den Demonstrationsflächen werden in

Tab. 8 und Abb. 12 dargestellt. Die ersten Versuche mit naturnaher Begrünung wurden 1995 im Rahmen eines Projektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Herbst & Mahn 1998, FKZ 03268) im Tagebau Goitzsche umgesetzt. Die Versuche im Tagebau Mücheln und Roßbach wurden im Jahre 1999 bzw. 2000 durch den Forschungsverbund Landschaftsentwicklung Mitteldeutsches Braunkohlenrevier in Zusammenarbeit mit der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) angelegt (FLB 2003, BMBF Projekt, FKZ 0339747). Die Versuchsanlage im Tagebau Profen stammt aus dem Jahr 2004 und wurde in Zusammenarbeit mit der Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG) durch ein Interreg IIIB CADSES Projekt (Successful Restoration and Rehabilitation Accompanying Infrastructural Interventions – SURE, FKZ 3B071) ermöglicht.

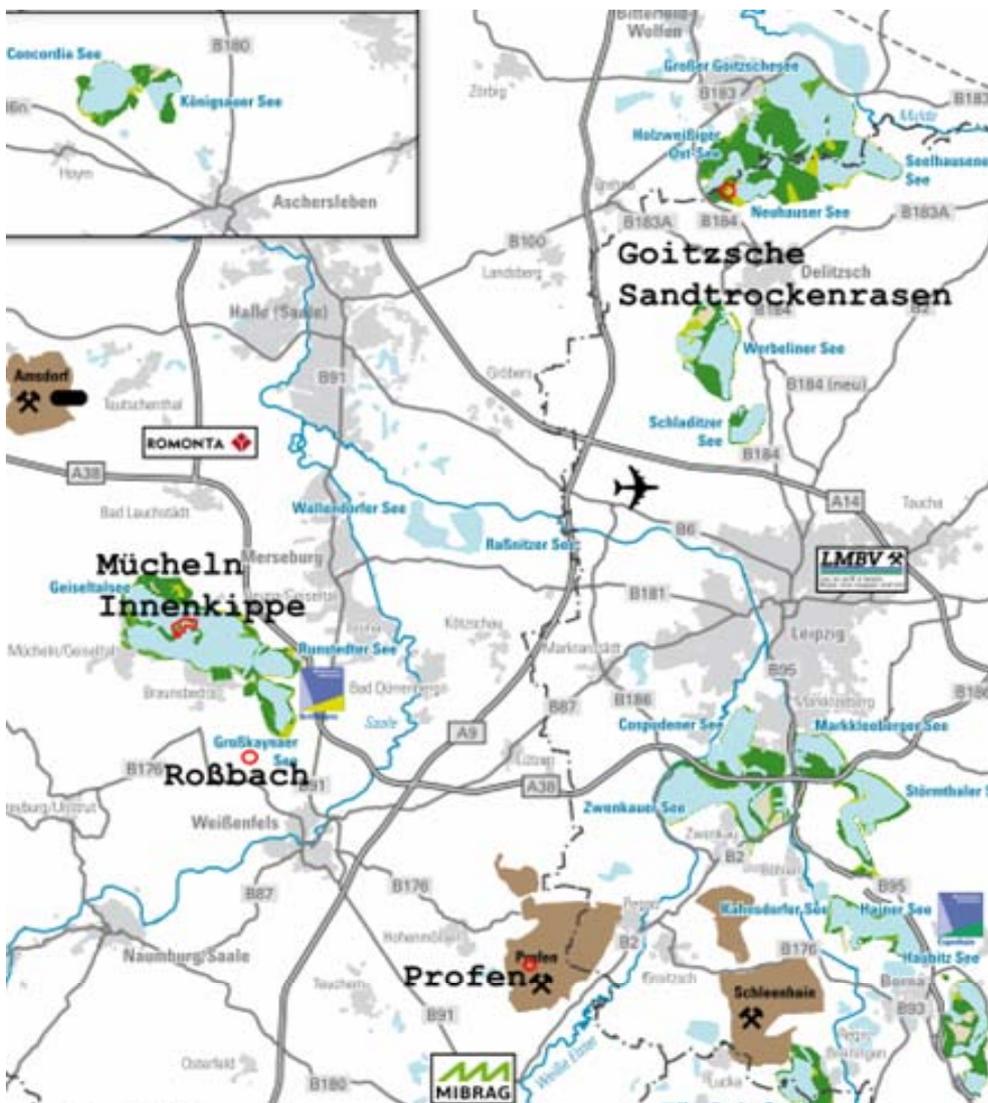


Abb. 12: Lage der Untersuchungsgebiete (rote Markierungen) im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier (Karte: LMBV).

Tab. 8: Lage und standörtliche Charakterisierung der Versuchsstandorte für gelenkte und spontane Sukzession in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschlands.

	Gelenke Sukzession		Spontansukzession	
	Roßbach	Profen	Goitzsche, Sandtrockenrasen	Mücheln, Innenkippe
Braunkohlerevier	Geiseltal	Zeitz-Weißenfels-Hohenmölsen	Bitterfeld-Delitzsch	Geiseltal
Lage	11° 54' 05,5" E 51° 14' 28,0" N	12° 09' 07,9" E 51° 08' 22,8" N		
Höhe ü. NN	123	162 - 177		
Exposition	Nordost	Südwest	-	variabel
Neigung	8 °	12 °	eben	variabel
Herkunft des Substrates	Quartär	Quartär/Tertiär	Tertiär	Quartär/Tertiär
Feinboden	Geschütteter Löß	Geschiebemergel mit Sandanteilen		
Mittlerer pH (KCl/CaCl <sub>2</sub> )	8	6		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg /100 g Feinboden)		10,7		
CaO (mg /100 g Feinboden)		Keine Angaben		
K <sub>2</sub> O (mg /100 g Feinboden)		6,05		
N <sub>t</sub> (mg /100 g Feinboden)		0,012		
C <sub>t</sub> (mg /100 g Feinboden)		0,67		
Versuchsdesign	Blockanlage, 3 Wiederholungen, 3 Varianten, Dauerflächen 5 m x 5 m	Blockanlage, 3 Wiederholungen, 4 Varianten, Dauerflächen 5 m x 5 m	Großraster auf 4,8 ha mit 100 m x 100 m Maschenweite	ca. 50 ha
Methoden	Vegetationsaufnahmen, Artenlisten	Vegetationsaufnahmen, Artenlisten	Kartierung von Vegetationseinheiten	Biotopkartierung, Artenlisten
Zeitraum der Untersuchungen	2000-2011	2004-2011	1995-2010	2002, 2009

## Aktivitäten im Projektzeitraum

Die im Projektzeitraum durchgeführten Aktivitäten werden in Tab. 9 dargestellt.

Tab. 9: Aktivitäten auf den Demonstrationsflächen im Projektzeitraum

	Gelenkte Sukzession		Spontane Sukzession	
	Roßbach	Profen	Goitzsche, Sandtrockenrasen	Mücheln, Innenkippe
2009	Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenlisten	Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenlisten	Kartierung der Vegetationseinheiten auf 4,8 ha	Biotopkartierung auf ca. 50 ha
2010	Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenlisten	Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenlisten	Kartierung der Vegetationseinheiten auf 4,8 ha	
2011	Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenlisten	Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenlisten		

## Ausgewählte Ergebnisse

### Gelenkte Sukzession: Tagebau Roßbach

Der ehemalige Tagebau Roßbach befindet sich im Geiseltalrevier in Sachsen-Anhalt. Auf einer vegetationsfreien Böschung aus geschüttetem Löss (siehe Tab. 10) wurden verschiedene naturnahe Begrünungsmethoden getestet. Im September 2000 wurden drei Varianten angelegt (1) Ansaat von 15 Kräutern und 6 Gräsern (2 g /m<sup>2</sup>, standortgerechte Saatgutmischung mit autochthonen Arten). Zusätzlich

wurde zum Schutz vor Erosion eine samenarme Mulchschicht aufgebracht (ca. 5 cm dick). (2) Mahdgutübertrag: Hierfür wurde in einem etwa 20 km entfernten FFH-Gebiet eine artenreiche Fläche gemäht (siehe Tab. 10). Das samenreiche Material wurde zu den Versuchsflächen transportiert und frisch aufgetragen (ca. 1 kg/m<sup>2</sup>, 5 cm Dicke). (3) Kontrolle mit Spontansukzession. Der Versuch wurde im Blockdesign mit drei Wiederholungen auf einer Fläche von insgesamt 1,13 ha angelegt. Die Fläche wurde im August 2002, 2007, 2009 und 2010 gemäht (mit Entfernung der Biomasse); im Juli 2005 erfolgte eine Entbuschung.

Tab. 10: Standortliche Parameter der Spenderfläche für Mahdgut und der Empfängerfläche im Tagebau Roßbach.

	Spenderfläche für Mahdgut	Empfängerfläche
Lage	FFH Gebiet „Göttersitz und Schenkenholz nördlich Bad Kösen“, Sachsen-Anhalt	Tagebau Roßbach, Geiseltalrevier, Sachsen-Anhalt
Geologie/Bodentyp	Muschelkalk	Geschütteter Löß
Bodenazidität	Basisch (pH 8,1)	Basisch (pH 8,0)
Wasserhaushalt	Trocken	Trocken
Nährstoffstatus	Oligotroph bis mesotroph	Oligotroph (0,06 Masse-% N <sub>t</sub> , 30 mg P pro kg Boden)
Exposition	-	Ost
Neigung	Eben	8 °
Höhe	ca. 250 m ü. NN	ca. 100 m ü. NN
Vegetationstyp	Magerrasen/Glatthaferwiese (97 Pflanzenarten, davon 71 Zielarten)	Zielvegetationstyp: Magerrasen/Glatthaferwiese

Tab. 11: Vegetationskundliche Parameter (Artenzahl, Deckung, Übertragungsrate) getrennt nach allen höheren Pflanzenarten und Zielarten (Trocken- und Halbtrockenrasen, mesophiles Grünland) im 1. und 11. Jahr nach der Umsetzung auf der Blockanlage im Tagebau Roßbach.

n= 9; 25 m <sup>2</sup>	Mittlere AZ gesamt	Mittlere AZ Zielarten	Mittlere D Krautschicht gesamt (%)	Mittlere D Zielarten (%)	Gesamtübertragungs- /Etablierungsrate* (%)	Über- tragungsrate Zielarten (%)
<b>Im 1. Jahr (2001)</b>						
Mulchdecksaat	45,1 (± 4,0)	25,3 (± 2,4)	15,3 (± 5,0)	11,8 (± 3,4)	95,0	-
Mahdgut	46,2 (± 5,7)	25,3 (± 3,3)	12,3 (± 5,8)	8,9 (± 3,3)	38,1	45,1
Kontrolle	29,2 (± 4,8)	8,1 (± 2,9)	1,0 (± 0,4)	0,2 (± 0,2)	-	--
<b>Im 11. Jahr (2011)</b>						
Mulchdecksaat	25,2 (± 2,1)	20,4 (± 1,9)	59,9 (± 12,9)	49,9 (± 12,3)	95,2	-
Mahdgut	30,2 (± 4,9)	24,6 (± 3,2)	77,6 (± 9,5)	71,8 (± 5,1)	66,0	74,6
Kontrolle	28,0 (± 1,9)	19,6 (± 1,9)	53,0 (± 9,1)	25,5 (± 7,9)	-	-

\* kumulativ pro Variante

Das Einbringen von geeigneten Samen durch Mahdgutübertrag und Ansaat beschleunigte die Vegetationsentwicklung deutlich (Abb. 13). Bereits im zweiten Jahr waren in diesen Varianten mehr als 40 % der Oberfläche durch Vegetation bedeckt. Erosionsprozesse wurden durch die Mahdgut- bzw. Mulchauflage sehr effektiv verhindert. Ab 2004 war die Vegetationsdeckung stetig sehr hoch. Sowohl eine Ansaat mit Mulchauflage als auch der Mahdgutübertrag führten zur schnellen Etablierung von artenreichen, standortgerechten Beständen. Am erfolgreichsten entwickelten sich die Zielarten nach Mahdgutübertrag (siehe auch Tab. 11). Insgesamt können beide Begrünungsmethoden zur Beschleunigung der Vegetationsentwicklung auf erosionsgefährdeten Standorten empfohlen werden, wobei Deckung und Anzahl der Zielarten auf der Mahdgutvariante am höchsten sind.

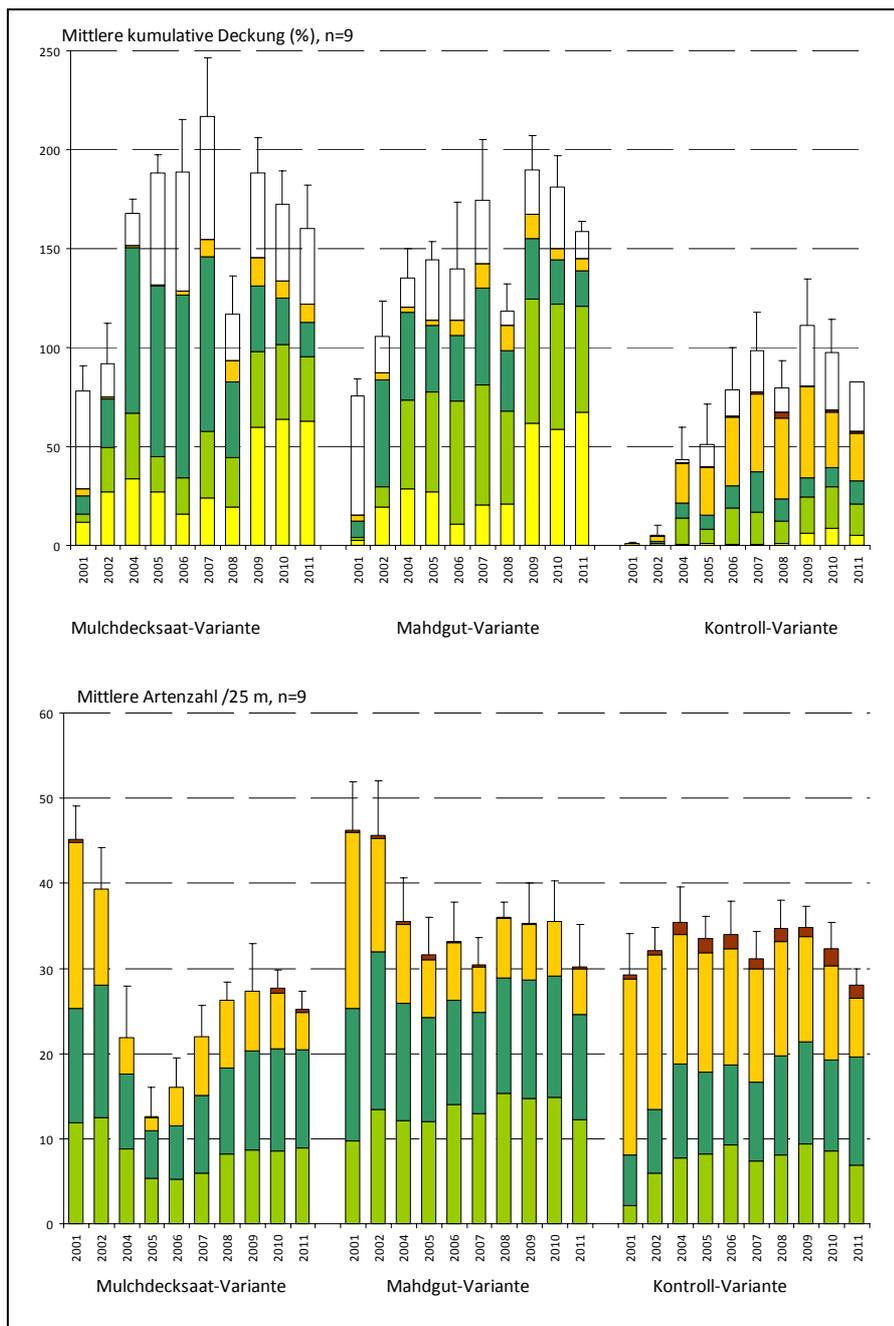


Abb. 13: Mittlere kumulative Deckung und mittlere Artenzahl/25 m<sup>2</sup> auf der Blockanlage im Tagebau Rossbach im Beobachtungszeitraum 2000-2011; Angabe der Standardabweichungen für Gesamtdeckung und Gesamtartenzahl.

Im Gegensatz zu den Mahdgut- und Ansaatflächen zeigten die Kontrollflächen in den ersten Jahren eine starke Rinnenerosion, vor allem im unteren Böschungsbereich, was sich im Nachhinein als Erschwernis bei der Durchführung von Pflegemaßnahmen herausstellte. Zudem kam es auf den Kontrollflächen zu einer starken Ausbreitung des Land-Reitgrases (*Calamagrostis epigejos*), das im Sommer 2009 eine mittlere Deckung von 30 % erreichte. Erst durch die Mahd ab 2009 ging die mittlere Deckung des Landreitgrases bis Sommer 2011 auf 11 % zurück. Auf den Mahdgut- und Ansaatflächen erreichte das Land-Reitgras eine mittlere Deckung von maximal 7 %. Die angrenzenden Mahdgut- und Ansaatvarianten dienen als Diasporenquelle für viele Zielarten, die sich im Beobachtungszeitraum in geringer Deckung auf den Kontrollflächen etablieren konnten. Wenn unbehandelte Flächen integriert werden, dann ist ein geeignetes

Pflegeregime empfehlenswert, damit sich einerseits Problemarten wie z. B. das Land-Reitgras nicht unkontrolliert ausbreiten und andererseits einwandernde Zielarten gefördert werden.



Foto 13: Mahdgut-Variante, Tagebau Roßbach. Anita Kirmer, 06/2010



Foto 14: Mulchdecksaat-Variante, Tagebau Roßbach. Anita Kirmer, 06/2010



Foto 15: Kontroll-Variante, Tagebau Roßbach. Anita Kirmer, 06/2010

Diese Untersuchungen wurden mit unterschiedlichen Schwerpunkten in Kirmer & Tischew (2010), Lorenz et al. (2011), Baasch et al. (2012) und Kirmer et al. (2012) veröffentlicht. Ausgewählte Ergebnisse wurden auf internationalen Tagungen der Society for Ecological Restoration (SER) sowie auf verschiedenen nationalen und internationalen Workshops im Rahmen von Vorträgen vorgestellt.

### Gelenkte Sukzession: Tagebau Profen

Bergbauböschungen werden häufig mit preisgünstigen, artenarmen Regelsaatgutmischungen begrünt. Diese enthalten in der Regel nur wenige Zuchtsorten von Gräsern (v.a. *Festuca spec.*). Im Tagebau Profen (Zeitz-Weißenfels-Hohemölsener-Revier, Sachsen-Anhalt) wurden in einem Blockversuch verschiedene Ansaatmischungen jeweils mit und ohne Mulchaufgabe getestet (siehe Tab. 12). Als Flächenvorbereitung erfolgte eine Bodenprofilierung mit einem Raupenkettensfahrzeug quer zum Hang. Im Dezember 2004 wurden auf einer 1,2 ha großen, vegetationsfreien Böschung vier Varianten umgesetzt: (1) artenarme

Ansaat (zwei *Festuca*-Zuchtsorten, *Lolium perenne*; 10 g/m<sup>2</sup>, ca. 14600 Samen/m<sup>2</sup>), (2) artenarme Ansaat mit Mulchauflage (ca. 5 cm), (3) artenreiche Ansaat (40 Kräuter und 11 Gräser, regionale Herkünfte, 3,4 g/m<sup>2</sup>, ca. 2400 Samen/m<sup>2</sup>), (4) artenreiche Ansaat mit Mulchauflage (ca. 5 cm).

Tab. 12: Standörtliche Parameter der Empfängerfläche im Tagebau Profen.

Empfängerfläche	
Lage	Tagebau Profen, Zeitz-Weißenfels-Hohenmölsener Revier, Sachsen-Anhalt
Geologie/Bodentyp	Geschiebemergel mit Sandanteilen
Bodenazidität	Schwach alkalisch (pH 7,9)
Wasserhaushalt	Trocken
Nährstoffstatus	Oligotroph (0,01 Masse-% N <sub>v</sub> , 13 mg P pro kg Boden)
Exposition	Südwest
Neigung	1:4 bis 1:5
Höhe	162-177 m ü. NN
Vegetationstyp	Zielvegetationstyp: trockene Glatthaferwiese

Tab. 13: Vegetationskundliche Parameter (Artenzahl, Deckung, Übertragungsrate) getrennt nach allen höheren Pflanzenarten und Zielarten (Trocken- und Halbtrockenrasen, mesophiles Grünland) im 1. und 11. Jahr nach der Umsetzung auf der Blockanlage im Tagebau Profen.

n= 3; 25 m <sup>2</sup>	Mittlere AZ gesamt	Mittlere AZ Zielarten	Mittlere D Krautschicht (%)	Mittlere D Zielarten (%)	Mittlere D Zuchtsorten (%)	Gesamteta- blierungsrate* (%)
<b>Im 1. Jahr (2005)</b>						
Artenarme Ansaat	19,7 (± 4,2)	4,0 (± 1,4)	29,3 (± 11,4)	0,4 (± 0,3)	16,0 (± 8,9)	100
mit Mulch	13,3 (± 5,4)	4,3 (± 2,6)	75,3 (± 17,3)	0,5 (± 0,3)	64,1 (± 18,4)	100
Artenreiche Ansaat	32,0 (± 5,9)	17,3 (± 4,9)	18,3 (± 7,9)	6,1 (± 2,6)	0,1 (± 0,1)	47,1
mit Mulch	40,7 (± 0,5)	22,0 (± 0,8)	31,7 (± 8,5)	17,5 (± 6,4)	0,2 (± 0,2)	54,9
<b>Im 7. Jahr (2011)</b>						
Artenarme Ansaat	20,3 (± 2,9)	11,7 (± 1,3)	45,0 (± 10,8)	13,3 (± 2,5)	16,4 (± 2,6)	66,7
mit Mulch	25,3 (± 5,0)	15,3 (± 2,5)	58,3 (± 9,4)	15,1 (± 2,1)	27,4 (± 10,5)	66,7
Artenreiche Ansaat	32,0 (± 2,9)	26,0 (± 1,6)	81,7 (± 8,5)	71,9 (± 6,3)	8,3 (± 3,5)	76,5
mit Mulch	40,3 (± 3,1)	33,3 (± 2,1)	76,7 (± 12,5)	68,2 (± 9,0)	5,6 (± 3,7)	82,4

\* kumulativ pro Variante

Die Einsaat von artenreichen, regionalen Mischungen führte zur Entwicklung einer artenreichen Vegetation mit einem hohen Anteil an Zielarten (Tab. 13). Nach und nach konnten aus den artenreichen Varianten auch einige Zielarten in die angrenzenden, artenarmen Bereiche einwandern. Bis zum Jahr 2011 blieben aber deutliche Unterschiede hinsichtlich Anzahl und Deckung von Zielarten zwischen den Varianten bestehen. Somit tragen artenreiche, regionale Ansaaten zur Erhöhung der lokalen Diversität bei. Eine zusätzliche Mulchschicht unterstützt die Etablierung der Arten und beugt Erosionsprozessen vor. Bis zum Ende der Untersuchungen war die Anzahl der Zielarten in den Varianten mit Mulch leicht höher als in den Varianten ohne Mulch.



Foto 16: Artenarme Ansaat mit Zuchtsorten im Tagebau Profen. Anita Kirmer, 08/2011



Foto 17: Artenreiche Ansaat mit regionalen Herkünften im Tagebau Profen. Anita Kirmer, 08/2011

Diese Untersuchungen wurden mit unterschiedlichen Schwerpunkten in Lorenz et al. (2011), Kirmer et al. (2012a) und Kirmer et al. (2012b) veröffentlicht. Ausgewählte Ergebnisse wurden auf internationalen Tagungen der Society for Ecological Restoration (SER) sowie auf verschiedenen nationalen und internationalen Workshops im Rahmen von Vorträgen vorgestellt.

#### Spontansukzession: Tagebau Goitzsche, Sandtrockenrasen bei Petersroda

Um die natürliche Wiederbesiedlung auf Extremstandorten der Bergbaufolgelandschaft zu dokumentieren, finden seit 1995 wissenschaftliche Untersuchungen auf dem Sandtrockenrasen bei Petersroda statt, welche im Projektzeitraum fortgesetzt wurden (Tab. 14) insgesamt wurden 12 Vegetationseinheiten unterschieden. Der stärkste Rückgang zwischen 1995 und 2010 zeigten sich auf den Rohbodenflächen (VEGFREI) und den kryptogamenreichen Silbergraspionierfluren (CORM). Im Gegenzug dazu haben sich die Anteile der reinen Kryptogamenflächen (KRYP), die Landreitgras-Fluren (CAL) und die durch Gehölze dominierten Fläche (GEH) erhöht. Dies kann vor allem durch den starken Grundwasseranstieg im Tagebau Goitzsche erklärt werden, der in weiten Bereichen der Untersuchungsfläche zu einer höheren Wasserverfügbarkeit führte. Dennoch waren auch 2010 noch fast 20 % der Gesamtfläche durch sandtrohlblumenreiche Sandtrockenrasen (HELI) und weitere 14 % durch reine Kryptogamenfluren (KRYP) bedeckt. Im weiteren Sukzessionsverlauf wird sich ein Mosaik aus Gehölzgruppen, Landreitgras-Dominanzbeständen, dichten Kryptogamenfluren und sandtrohlblumenreichen Sandtrockenrasen einstellen, wobei zu erwarten ist, dass der Anteil der HELI-Bestände allmählich zurück geht. Nur an trockenen Stellen mit nicht zu saurem pH-Wert (ca. 4) werden sich die von der Sandstrohlblume dominierten Bestände langfristig halten können. Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in Baasch et al. 2010a, 2010b publiziert.

Tab. 14: Flächenanteile von Vegetationseinheiten (%) auf dem Sandtrockenrasen bei Petersroda (Tagebau Goitzsche) im Untersuchungszeitraum 1995-2010 auf einer Gesamtfläche von 4,8 ha.

Vegetationstyp	1995	1998	2001	2004	2007	2010
<b>VEGFREI</b> - Rohboden / vegetationsfrei	12,7	9,7	8,0	6,1	5,3	3,6
<b>COR</b> - ausschließlich von Silbergras ( <i>Corynephorus canescens</i> ) besiedelt, Rohboden sichtbar, Kryptogamen nicht oder nur spärlich vorhanden	2,7	6,2	4,1	6,1	2,4	1,3
<b>CORM</b> - dichte Kryptogamenschicht, zumeist einziger stetiger Besiedler ist <i>Corynephorus canescens</i> , andere Arten selten und vereinzelt	33,4	36,1	36,0	40,4	26,4	12,1
<b>KRYP</b> - reine, großflächige Kryptogamenflächen ohne Silbergras	0,2	0,9	2,2	7,0	7,5	14,1
<b>HELI</b> - ausgeprägte Kryptogamenschicht, Sand-Strohblume ( <i>Helichrysum arenarium</i> ) und/oder Kleines Habichtskraut ( <i>Hieracium pilosella</i> ) stetig, andere Arten nur vereinzelt	14,6	10,6	13,5	8,4	13,4	18,8
<b>TRIF</b> - reich an <i>Trifolium</i> -Arten ( <i>Trifolium arvense</i> (Hasen-Klee), <i>Trifolium campestre</i> (Feld-Klee)), andere Arten: Silber-Fingerkraut ( <i>Potentilla argentea</i> ), Horn-Klee ( <i>Lotus corniculatus</i> ), Gemeine Schafgarbe ( <i>Achillea millefolium</i> ), Mäuseschwanz-Federschwingel ( <i>Vulpia myuros</i> ), Hornkraut-Arten ( <i>Cerastium spec.</i> ), dichter frisch wirkender Bestand, Feld-Beifuß ( <i>Artemisia campestris</i> ) nicht oder nur selten vorkommend	6,3	5,1	5,4	8,2	6,3	2,3
<b>ART</b> - <i>Artemisia campestris</i> charakteristisch, daneben auch Rispen-Flockenblume ( <i>Centaurea stoebe</i> ) und Arten der TRIF-Formation	8,9	7,2	8,1	8,0	11,7	5,7
<b>CAL</b> - Land-Reitgras ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) charakteristisch und dominant, dichter Bestand, spärliche bis dichte Streuschicht, andere Arten selten	16,4	19,2	13,5	7,2	14,7	27,4
<b>AGR</b> - dichte oder lückige Rot-Straußgras-Bestände ( <i>Agrostis capillaris</i> ), sonst vegetationsarm (Rohboden)	1,8	2,0	2,9	0,9	1,8	2,7
<b>POA</b> - dichter, zusammenhängender Bestand des Plattthalm-Rispengrases ( <i>Poa compressa</i> ), Wiesencharakter	0,5	1,2	2,2	1,0	0,7	1,0
<b>GEH</b> - durch Gehölze (einzeln, in Gruppen) dominiert, charakteristische Arten: Besen-Ginster ( <i>Sarothamnus scoparius</i> ), Wald-Kiefer ( <i>Pinus sylvestris</i> ), Robinie ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	0,5	0,6	1,5	2,7	8,1	10,3
<b>RTRO</b> - hochwüchsige Stauden dominant: Rain-Farn ( <i>Tanacetum vulgare</i> ), Gemeine Natternzunge ( <i>Echium vulgare</i> ), andere Ruderalzeiger, auch Gräser und Sandtrockenrasenarten	2,0	1,1	2,8	4,1	1,7	0,1

### Spontansukzession: Tagebau Mücheln, Innenkippe

Im Sommer 2009 wurde auf einer Fläche von ca. 50 ha eine Biotoptypenkartierung durchgeführt (Christiane Brandt, Nadine Kühnert, Nadine Stiller 2009, studentisches Projekt an der Hochschule Anhalt, Fachbereich 1). Die erhobenen Daten wurden mit Erhebungen von 2002 verglichen (Abb. 14).

Bei der Biotopkartierung zeigte sich, dass zwischen 2002 und 2009 vor allem Vorwälder sowie Wälder und Forste stark zugenommen haben auf Kosten der Biotop-Mosaik, Gras- und Krautfluren sowie Rohbodenflächen (Tab. 15). Die Anteile der Rohbodenflächen und Gras- und Krautfluren haben sich bis 2009 halbiert, wobei vor allem im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes noch immer große Bereiche mit offenen Standorten vorhanden sind.



Abb. 14: Lage der Untersuchungsfläche (schwarze Linie) in der Innenkippe Mueheln, Geiseltalrevier im Jahre 2009.

Tab. 15: Prozentuale Anteil der bei der Biotopkartierung von 2002 und 2009 erfassten Hauptbiototypen.

	2002	2009
Flächengröße (ha)	384	50
Stehende Gewässer	0,5	0,1
Röhrichte und Seggenriede	6	2
Rohböden	27	15
Gras- und Krautfluren	49	23,9
Gehölze(Gebüsche)	1	0
Vorwälder	1	48
Wälder und Forste	1,5	10
Wege/Gebäude	3	1
Biotop-Mosaik	11	0



Foto 18: Innenkippe Mueheln, Blick nach Süden: Rohboden, Pionierfluren, Röhrichte. Anita Kirmer, 06/2009



Foto 19: Innenkippe Mueheln, Blick nach Südwesten: Rohboden, Gras- und Krautfluren, Vorwälder. Anita Kirmer, 08/2011

Die Ergebnisse decken sich mit anderen Wiederholungskartierungen im Mitteldeutschen Braunkohlerevier (Tagebau Kayna-Süd, Südteil: Matthias Brautschek & Mathis Jahr (2005) Studentisches Projekt an der Hochschule Anhalt, Fachbereich 1), wo es ebenfalls zwischen 2001 und 2005 zu einer starken Abnahme der Gras- und Krautfluren zugunsten der Vorwälder kam. Rohböden, Pionierfluren und Gras- und Krautfluren bleiben, vergleichbar mit der nacheiszeitlichen Besiedlung, auf Sonderstandorte beschränkt. Vor allem Rohbodenflächen mit extremeren Standortbedingungen (sauer, trocken) bieten angepassten Arten langfristig einen Lebensraum. Im mittleren ökologischen Bereich sind Pflegemaßnahmen (Mahd, Beweidung) notwendig, wenn bestimmte Stadien erhalten bleiben sollen. Ohne Pflegemaßnahmen wird die Sukzession in der Bergbaufolgelandschaften des Mitteldeutschen Braunkohlereviere allmählich zu Vorwäldern und Wäldern führen.

### Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschland (allgemein)

Im Rahmen eines Buchprojektes (Baumbach, H., Heinze, M., Sängler, H. [Hrsg.] Bergbaufolgelandschaften Deutschlands aus geobotanischer Sicht und im Hinblick auf die Rekultivierung. Weißdorn-Verlag Jena) wurde ein Überblick der vier wichtigsten Mitteldeutschen Braunkohlereviere (Geiseltal, Bitterfeld-Delitzscher-Revier, Zeitz-Weißenfeld-Hohenmölsener Revier, Leipziger Südraum) sowohl aus historischer als auch aus vegetationskundlicher Sicht gegeben: Kirmer, A., Lorenz, A., Baasch A., Tischew, S.: Braunkohlenbergbau in Mitteldeutschland. Die vegetationskundliche Bearbeitung erfolgte auf Grundlage der langjährigen Forschungstätigkeit im Mitteldeutschen Braunkohlerevier. Die Drucklegung des Buches verzögert sich aufgrund einer Erkrankung des Editors voraussichtlich bis Oktober 2012.

## **Arbeitspaket 3 – Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit**

### **Wissenschaftliche Publikationen**

#### Projektjahr 2009

Kirmer & Tischew (2009), Prach et al. (2009)

#### Projektjahr 2010

Baasch et al. (2010a), Baasch et al. (2010b), Kiehl et al. (2010), Kirmer & Tischew (2010), Konvalinková & Prach (2010), Novák & Prach (2010), Řehouňková & Prach (2010), Řehounek et al. (2010), Trnková et al. (2010)

#### Projektjahr 2011/12

Baasch et al. (2012), Kirmer & Baasch (2012a), Kirmer & Baasch (2012b), Kirmer et al. (2012a), Kirmer et al. (2012b), Lorenz et al. (2011), Prach & Walker (2011), Prach et al. (2011), Řehouňková & Prach (2012), Řehouňková & Řehounek (2011), Tischew et al. (2011)

Jünger et al. (im Druck), Kirmer et al. (im Druck)

## Öffentlichkeitsarbeit

### Ergebnispräsentation auf Tagungen und Workshops

#### Projektjahr 2009

18.02.2009 - Fachtagung „Artenschutz und Bergbau“ in Jena. Veranstalter Arbeitsgruppe Artenschutz Thüringen & Thüringer Landesbergamt. Teilnehmer: Anita Kirmer, Vortrag: Naturnahe Entwicklung von Bergbaufolgelandschaften - Chancen und Perspektiven für den Naturschutz

13.-14.05.2009 - Fachtagung „Handlungskonzept für die floristische und faunistische Aufwertung artenarmer Wiesen“ in Riedstadt. Veranstalter Justus-Liebig-Universität Gießen & Riedstadt. Teilnehmer: Sabine Tischew (Vortrag und kurze Projektvorstellung), weitere Teilnehmer: Annett Baasch, Anita Kirmer

19.05.2009 - Abschlussveranstaltung des DBU Projektes „Entwicklung und Erprobung eines Monitoringkonzeptes für die Bergbaufolgelandschaft Grünhaus“ in Finsterwalde. Teilnehmer: Anita Kirmer, Vortrag: Naturschutzfachliches Monitoring in Bergbaufolgelandschaften

23.-27.08.2009 – Internationale Tagung „Making Change in a changing world“ in Perth, Australien. Veranstalter: Society of Ecological Restoration. Teilnehmer: Sabine Tischew; Vortrag: Post-mine restoration: the role of species pools and site conditions; Karel Prach, Vortrag: Natural recovery v/s technical reinstatement: the case for a continuum approach to site assessment and planning

14.-16.09.2009 – Tschechisch/deutscher Workshop „Restoration after mining activities“ an der Universität Südböhmen (organisiert von der Arbeitsgruppe Prof. Prach). Teilnehmer: Sabine Tischew, Annett Baasch, Anita Kirmer

#### Projektjahr 2010

10.-12.05.2010 – Regionaler Workshop „Semi-natural grassland as a source of biodiversity improvement“, Workshop SALVERE Projekt, Radejov, Tschechische Republik. Teilnehmer: Anita Kirmer, Vortrag: Near-natural re-vegetation on raw soils - examples from practice.

24.-27.08.2010 – Internationale Tagung „Ecological Restoration and Sustainable Development - Establishing Links Across Frontiers“, 7th European Conference on Ecological Restoration, Avignon, France. Teilnehmer: Annett Baasch, Vortrag: Hay transfer, mulch seeding and spontaneous succession – ten years after slope restoration in a post-mining site. Karel Prach, Vortrag: Near-natural restoration of mining sites. A multi-site comparison. Kkára Řehounková & Karel Prach, Vortrag: Role of adjacent surrounding vegetation during succession in sites disturbed by mining: additional potential for restoration? V. Zemanová, Klára Řehounková & Karel Prach, Poster: Prediction of vegetation succession in a sand pit: A basis of restoration.

#### Projektjahr 2011/12

12.-15.05.2011 – Tagung Landnutzungssysteme und pflanzliche Biodiversität, Jena. Teilnehmer: Anita Kirmer, Vortrag: Biodiversität aktueller Bergbaufolgelandschaften.

21.-25.08.2011 – Internationale Tagung „Re-establishing the link between nature and culture“, 4th World Conference on Ecological Restoration, Merida, Mexiko. Teilnehmer: Anita Kirmer, Vortrag: Ecological restoration with native seeds from species-rich grasslands: experiences from mined sites. Karel Prach, Vortrag: A landscape-scale restoration of dry grasslands using a regional seed mixture. Lenka Schmidtmayerová, Poster: Spontaneous succession vs. technical reclamation in disused sand pits.

04-05.10.2011 – Regionaler Workshop „Přírodě blízká obnova těžbou narušených území“ an der Universität Südböhmen (organisiert von der Arbeitsgruppe Prof. Prach). Teilnehmer: Klára Řehounková, Vortrag: Sites disturbed by mining in the Czech republic- summary; Klára Řehounková & Karel Prach, Vortrag: Potencial of near-natural restoration in sites disturbed by mining; Klára Řehounková, Vortrag: Sand pits; Karel Prach, Vortrag: Mining and restoration ecology; Karel Prach, Vortrag: Spoil heaps; Sabine Tischew, Annett Baasch, Anita Kirmer, Vortrag: Restoration of surface-mined land: experience gained in Germany.

30.03.2012 – Regionaler Workshop „Wohin mit dem Mahdgut?“ in Apolda. Teilnehmer: Anita Kirmer, Vortrag: Nutzung von samenreichem Mahdgut zur Etablierung von artenreichen Wiesen

## Organisation von Projekt-Workshops

### Projektjahr 2009

Tschechisch-deutscher Workshop vom 14.-16.09.2009 an der Universität Südböhmen (organisiert von der Arbeitsgruppe Prof. Prach, in Kooperation mit der Naturschutzorganisation "Calla"), ca. 10 Teilnehmer, Thema: Restoration after mining activities

### Projektjahr 2010

Nationaler Workshop am 24.01.2010 an der Universität Südböhmen (organisiert von der Arbeitsgruppe Prof. Prach in Kooperation mit der Naturschutzorganisation "Calla"), ca. 20 Teilnehmer, Thema: Nationale Gesetzgebung mit Bezug zur naturnahen Renaturierung von Abbau- und Industriegebieten und Diskussion von Änderungsentwürfen.

### Projektjahr 2011

Nationaler Workshop 18.-20.05.2011 an der Hochschule Anhalt (organisiert von der Arbeitsgruppe Prof. Tischew in Kooperation mit dem Projekt SALVERE und Spenderflächenkataster Sachsen-Anhalt sowie der Society for Ecological Restoration), ca. 250 Teilnehmer, Thema: "Artenreiche Grünlandgesellschaften - eine Ressource für den Erhalt und die Erhöhung der Biodiversität in der Kulturlandschaft".

Nationaler Workshop 6.-8.10.2011 an der Universität Südböhmen (organisiert von der Arbeitsgruppe Prof. Prach in Kooperation mit der Naturschutzorganisation "Calla"), 37 Teilnehmer, Thema: Přírodě blízká obnova těžbou narušených území (Naturnahe Wiederherstellung von durch Bergbau gestörten Flächen)

## Fazit

Aufbauend auf den langjährigen Forschungsarbeiten der beteiligten Projektpartner wurden prinzipielle Mechanismen der spontanen und gelenkten Wiederbesiedlung von Bergbaufolgelandschaften im Vergleich zur technischen Rekultivierung zum Zwecke der Land- und Forstwirtschaft vorgestellt. Es stellte sich heraus, dass spontan besiedelte Flächen eine höhere Arten- und Strukturvielfalt aufweisen und damit einen wesentlich höheren Beitrag zum Erhalt der biologischen Vielfalt leisten können. Wesentliche Erkenntnisse aus diesen Arbeiten wurden über verschiedene Medien der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (Publikationen, Workshops, Vorträge, Poster).

Sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen sollte bei der Renaturierungsplanung für Abbaugelände stets eine Kombination aus spontaner Sukzession und naturnaher Begrünung angestrebt werden. Dies betrifft vor allem die so genannten „Renaturierungsflächen“ im aktiven Tagebau (10-15 % der Gesamtfläche), die explizit für Naturschutzzwecke entwickelt werden sollen. Vor allem auf nicht erosionsgefährdeten Standorten kann die Kombination von naturnaher Begrünung und spontaner Besiedlung zu einer Kostenersparnis führen und gleichzeitig die strukturelle und biologische Vielfalt erhöhen. Ziel einer ökologischen Renaturierung in Bergbaufolgelandschaften ist die Entwicklung belastbarer Ökosysteme, die in den Naturraum eingegliedert sind und die wichtige Ökosystemdienstleistungen (Erosionsschutz, Strukturvielfalt, Wasserretentionsvermögen, Kohlenstoffbindung) erfüllen können.

## Literatur

- Baasch, A., Kirmer, A., Tischew, S. (2012) Hay transfer, mulch seeding and spontaneous succession - nine years after slope restoration in a post-mining site. *J. Appl. Ecol.* 49: 251-260.
- Baasch, A., Tischew, S., Bruelheide, H. (2010a) Twelve years of succession on sandy substrates in a post-mining landscape: a Markov chain analysis. *Ecol. Appl.* 20:1136-1147.
- Baasch, A., Tischew, S., Bruelheide, H. (2010b) How much effort is required for proper monitoring? Assessing the effects of different survey scenarios in a dry acidic grassland. *J. Veg. Sci.* 21:876-887.
- FBM (Forschungsverbund Braunkohlenfolgelandschaften Mitteldeutschlands) (1999) Konzepte für die Erhaltung, Gestaltung und Vernetzung wertvoller Biotope und Sukzessionsflächen in ausgewählten Tagebausystemen. Unveröff. Abschlussbericht, Bundesministerium für Bildung und Forschung, FKZ 0339747.
- FLB (Forschungsverbund Landschaftsentwicklung Mitteldeutsches Braunkohlenrevier) (2003) Analyse, Bewertung und Prognose der Landschaftsentwicklung in Tagebauregionen des Mitteldeutschen Braunkohlenreviers. Unveröff. Abschlussbericht, Bundesministerium für Bildung und Forschung, FKZ 0339747.
- Frank, D., Klotz, D., Westhus, W. (1990) Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. Universität Halle-Wittenberg. Wissenschaftliche Beiträge 32. Reihe P, Band 41.
- Frank, D., Herdam, H., Jage, H., John, H., Kison, H.-U., Korsch, H., Stolle, J., Bräutigam, S., Thiel, H., Uhlemann, I., Weber, H.E., Welk, E. (2004) Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen des Landes Sachsen-Anhalt. Ber. Landesamt Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 91-110.
- FWB (Forschungsverbund Waldentwicklung in Bergbaufolgelandschaften) (2004) Analyse, Prognose und Lenkung der Waldentwicklung auf Sukzessionsflächen der Mitteldeutschen und Lausitzer Braunkohlenreviere. Unveröff. Abschlussbericht, Bundesministerium für Bildung und Forschung, FKZ 0339770.
- Harris, H.J., Milligan, B.S., Fewles, G.A. (1983) Diversity: Quantification and ecological evaluation in freshwater marshes. *Conserv. Biol.* 27: 99-110
- Herbst, F., Mahn, E.-G. (1998) Modelluntersuchungen zur Gestaltung von Bergbaufolgelandschaften auf der Basis spontaner und gelenkter Sukzessionen unter Berücksichtigung von Aspekten des Naturschutzes am Beispiel des Braunkohlentagebaus Goitzsche. Unveröff. Abschlußbericht, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, FKZ 03268.
- Hodačová, D., Prach, K. (2003) Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation vs. spontaneous re-vegetation. *Restor. Ecol.* 11: 385–391.
- Jünger, G., Baasch, A., Kirmer, A., Lorenz, A., Tischew, S. (im Druck) Post-mining vegetation database (Eastern Germany). *Biodiversity and Ecology*.
- Kiehl, K., Kirmer, A., Donath, T., Rasran, L., Hölzel, N. (2010) Species introduction in restoration projects - evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic Appl. Ecol.* 11:285-299.
- Kirmer, A., Baasch, A. (2012a) Neuanlage von Halbtrockenrasen auf Rohboden. In: Kirmer, A., Krautzer, B., Scotton, M., Tischew, S. (Hrsg.) *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland*, 152-153. Eigenverlag Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich.
- Kirmer, A., Baasch, A. (2012b) Neuanlage von Flachlandmähwiesen auf Rohboden. In: Kirmer, A., Krautzer, B., Scotton, M., Tischew, S. (Hrsg.) *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland*, 154-155. Eigenverlag Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich.
- Kirmer, A., Tischew, S. (2009) Spontane Besiedlung von Bergbaufolgelandschaften – Chancen und Perspektiven für den Naturschutz. *Artenschutzreport* 25: 38-41
- Kirmer, A., Tischew, S. (2010) Near-natural restoration strategies in post-mining landscapes. In: Müller, N.; P. Werner; J. Kelcey (eds.) *Urban Biodiversity & Design - Implementing the Convention on Biological Diversity in Towns and Cities*, 539-555. Blackwell Publishing Ltd.
- Kirmer, A., Baasch, A., Tischew, S. (2012a) Sowing of low and high diversity seed mixtures in ecological restoration of surface mined-land. *Appl. Veg. Sci.* 15: 198–207.
- Kirmer, A., Krautzer, B., Scotton, M., Tischew, S. [Hrsg.] (2012b) *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland*. Eigenverlag Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich, ISBN-978-3-902559-70-8.

- Kirmer, A., Lorenz, A., Baasch, A., Tischew, S. (im Druck) Braunkohlenbergbau in Mitteldeutschland. In: Baumbach, H., Heinze, M., Sänger, H. (Hrsg.) Bergbaufolgelandschaften Deutschlands aus geobotanischer Sicht und im Hinblick auf die Rekultivierung. Weisdorn-Verlag Jena.
- Konvalinkov, P., Prach, K. (2010) Spontaneous vegetation succession in extracted peatlands: a multi-site study. *Preslia* 82: 423-435.
- Korneck, D., Sschnittler, M., Vollmer, I. (1996) Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. *Schr.reihe Veg.kd.* 28: 21-187.
- Lorenz, A., Baasch, A., Kirmer, A., Tischew, S. [Hrsg.] (2011) Renaturierung von Offenlandlebensraumen Restoration of open habitats. Unveroff. Broschüre der Hochschule Anhalt, Fachbereich 1. (Projekt auf S. 82-89)
- Novk, J., Prach, K. (2010) Artificial sowing of endangered dry grassland species into disused basalt quarries. *Flora* 205: 179-183.
- Prach K., Walker L. R. (2011) Four opportunities for studies of ecological succession. *Trends Ecol. Evol.* 26: 119-123.
- Prach, K., ehounkov, K., ehounek, J., Konvalinková, P. (2011) Ecological restoration of central European mining sites: a summary of a multi-site analysis. *Landsc. Res.* 36: 263-268.
- Prach, K., Frouz, J., Karešov, P., Konvalinková, P., Kouteck, V., Mudrk, O., Novák, J., ehounek, J., ehounkov, K., Tich, L., Trnková, R., Tropek, R. (2009) Ekologie obnovy narušench mst. II. Msta narušen tezbou surovin (restoration ecology of disturbed sites. II. Mining. – *Živa* 2/2009: 68-72 (in Czech).
- ehounek J., ehounkov K., Prach K. [eds.] (2010) Ekologick obnova zem narušench tezbou nerostnch surovin a prmyslovmi deponiemi (Ecological restoration of sites disturbed by mining and industrial deposits). Calla, esk Budejovice (in Czech).
- ehounkov, K., Prach, K. (2010) Life-history traits and habitat preferences of colonizing plant species in long-term spontaneous succession in abandoned gravel-sand pits. *Basic Appl. Ecol.* 11: 45-53.
- ehounkov, K., Prach, K. (2012) Neuanlage von Sandmagerrasen auf Rohboden. In: Kirmer, A., Krautzer, B., Scotton, M., Tischew, S. (Hrsg.) *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland*, 148-149. Eigenverlag Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, sterreich.
- ehounkov, K., ehounek, J., Prach, K. (2011) Near-natural restoration vs. technical reclamation of mining sites in the Czech Republic, 50-67. University of South Bohemia in esk Budejovice, esk Budejovice.
- ehounkov, K., ehounek, J. (2011) Sand pits and gravel-sand pits. In ehounkov, K., ehounek, J., Prach, K. (eds) *Near-natural restoration vs. technical reclamation of mining sites in the Czech Republic*, 50-67. University of South Bohemia in esk Budejovice, esk Budejovice.
- Schmidtmayerová, L. (2011) Spontaneous succession vs. technical reclamation in disused sand pits. Poster, 4th World Conference on Ecological Restoration, Merida, Mexiko, 21.-25. August 2011.
- Schulz, D. (1999) Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen. Material zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.).
- Štys S. (1981) Reclamation of areas disturbed by mining of raw materials. STN, Prague (in Czech).
- Tischew, S., Baasch, A., Kirmer, A. (2004) Substratabhangige zeitliche und räumliche Differenzierung der Entwicklung von Silbergras-Pionierfluren und Sandtrockenrasen. In: Tischew, S. (Hrsg.) *Renaturierung nach dem Braunkohleabbau*, 176-182. Teubner Verlag Wiesbaden.
- Tischew, S., Youtie, B., Kirmer, A., Shaw, N. (2011) Farming for restoration: building bridges for native seeds. *Ecological Restoration* 29: 219-222
- Tischew, S., Wiegleb, G., Kirmer, A., Oelerich, H.-M., Lorenz, A. (2009) Renaturierung von Tagebaufolgeflachen. In: Zerbe, S., Wiegleb, G. (Hrsg.) *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*, 349-388. Spektrum Verlag, Heidelberg.
- Trnkov, R., ehounkov, K., Prach, K. (2010) Spontaneous vegetation succession in acidic bedrock quarries: a case study from Central Europe. *Preslia* 82: 333-343.
- Wiegleb, G., Felinks, B. (2001) Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia - chance or necessity? *Ecol. Eng.* 17: 199-217.
- Wolf, G. (1985) Primre Sukzession auf kiesig-sandigen Rohböden im Rheinischen Braunkohlenrevier. *Schr.reihe Veg.kd.* 16: 1-208.
- Zemanová, V., ehounkov, K., Prach, K. (2010) Prediction of vegetation succession in a sand pit: A basis of restoration. Poster, 7th European Conference on Ecological Restoration, Avignon, 24.-27. August 2010